

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2002-208938

(43)Date of publication of application : 26.07.2002

(51)Int.Cl.

H04L 12/56

(21)Application number : 2001-000647

(71)Applicant : FUJITSU LTD

(22)Date of filing : 05.01.2001

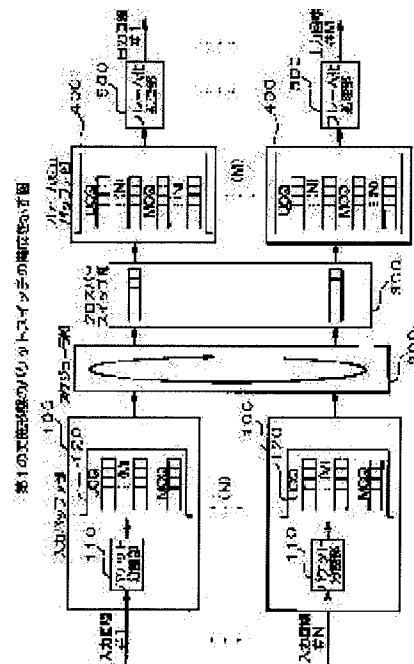
(72)Inventor : KAWARAI KENICHI
TOMONAGA HIROSHI
MATSUOKA NAOKI
NAGATA MASAKATSU
KATO TSUGIO
WAKABAYASHI TETSUAKI

(54) PACKET SWITCH

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a packet switch capable of reducing the load on processing without decreasing an input rate permitted for a multi-cast packet.

SOLUTION: This packet switch is provided with N-sets of input buffer sections 100, a crossbar switch section 300 and a scheduler section 200. The sections 100 store the packets inputted through corresponding input channels. The section 300 outputs uni-cast packets inputted from the sections 100 to output channels of an output destination, copies the required number of multi-cast packets inputted from the sections 100, and outputs them to each output channel. The section 200 performs scheduling processing to prevent mutual conflict of the input and output channels with respect to the uni-cast packets, and to prevent mutual conflict of the input channels with respect to the multi-cast packets. If the packets conflicts mutually in the section 300, the packets are kept in the buffer inside the section 300.



(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号
特開2002-208938
(P2002-208938A)

(43)公開日 平成14年7月26日(2002.7.26)

(51)Int.Cl.⁷
H 0 4 L 12/56

識別記号

F I
H 0 4 L 11/20

テーマコード(参考)
1 0 2 Z 5 K 0 3 0
1 0 2 F

審査請求 未請求 請求項の数 5 O L (全 25 頁)

(21)出願番号 特願2001-647(P2001-647)
(22)出願日 平成13年1月5日(2001.1.5)

(71)出願人 000005223
富士通株式会社
神奈川県川崎市中原区上小田中4丁目1番1号
(72)発明者 瓦井 健一
神奈川県川崎市中原区上小田中4丁目1番1号 富士通株式会社内
(72)発明者 朝永 博
神奈川県川崎市中原区上小田中4丁目1番1号 富士通株式会社内
(74)代理人 100103171
弁理士 雨貝 正彦

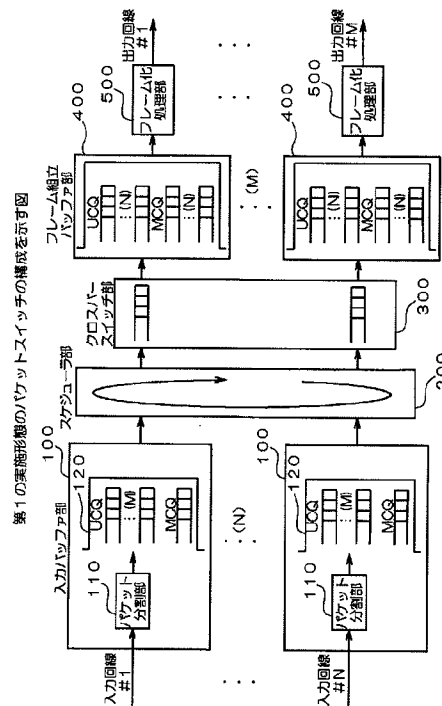
最終頁に続く

(54)【発明の名称】 パケットスイッチ

(57)【要約】

【課題】 マルチキャストパケットに許容される入力レートを低下させることなく、処理の負担を軽減することができるパケットスイッチを提供すること。

【解決手段】 このパケットスイッチは、N個の入力バッファ部100とクロスバースイッチ部300とスケジューラ部200とを備えている。N個の入力バッファ部100は、対応する入力回線を介して入力されるパケットを格納する。クロスバースイッチ部300は、入力バッファ部100からユニキャストパケットが入力されるとその送出先となる出力回線に出力し、マルチキャストパケットが入力されると必要数コピーして各出力回線に出力する。スケジューラ部200は、ユニキャストパケットについては入力回線と出力回線の両方が競合しないように、マルチキャストパケットについては入力回線が競合しないようにスケジューリング処理を行う。クロスバースイッチ部300内でパケットが競合した場合には、内部のバッファに保持される。



【特許請求の範囲】

【請求項 1】 N 本の入力回線のそれぞれに対応して設けられ、対応する前記入力回線を介して入力されるユニキャストパケットおよびマルチキャストパケットを格納する N 個の入力バッファ部と、前記 N 個の入力バッファ部のそれぞれから前記ユニキャストパケットが入力された場合にはその送出先となる M 本の出力回線の中のいずれかに前記ユニキャストパケットを出力し、前記マルチキャストパケットが入力された場合にはその送出先となる前記 M 本の出力回線の中の複数本に前記マルチキャストパケットを出力するスイッチ部と、前記ユニキャストパケットについては前記入力回線と前記出力回線の両方が競合しないように、前記マルチキャストパケットについては前記入力回線が競合しないように、前記 N 個の入力バッファ部のそれぞれから出力する前記ユニキャストパケットあるいは前記マルチキャストパケットのいずれかを選択するスケジューラ部と、を備えることを特徴とするパケットスイッチ。

【請求項 2】 請求項 1 において、前記スイッチ部は、前記 M 本の出力回線のそれぞれに対応して前記ユニキャストパケットを格納する第 1 の格納部と、前記 N 本の入力回線のそれぞれに対応して前記マルチキャストパケットを格納する第 2 の格納部とを備えることを特徴とするパケットスイッチ。

【請求項 3】 請求項 1 において、前記スケジューラ部は、前記入力バッファ部から前記スイッチ部に前記マルチキャストパケットを入力したときに、前記マルチキャストパケットの送出先となる複数の前記出力回線について、このマルチキャストパケット以外のパケットが送出されないタイミングを確保することを特徴とするパケットスイッチ。

【請求項 4】 請求項 1～3 のいずれかにおいて、前記スイッチ部が複数設けられており、一の前記スイッチ部には、前記入力回線を介して入力される一の前記ユニキャストパケットあるいは前記マルチキャストパケットが複数単位時間かけて転送されており、複数の前記スイッチ部を用いて、異なるパケットを並行して転送することを特徴とするパケットスイッチ。

【請求項 5】 請求項 4 において、複数の前記パケットが集まって一のフレームを構成している場合に、複数の前記パケットのそれぞれには、このフレームの順番を識別する第 1 のシーケンス番号と、このフレーム内での前記パケットの順番を識別する第 2 のシーケンス番号とが付されており、前記出力回線側で、前記第 2 のシーケンス番号に基づいて前記フレーム内での前記パケットの並べ替えを行うとともに、前記第 1 のシーケンス番号に基づいて前記フレ

ームの並べ替えを行うフレーム組立部をさらに備えることを特徴とするパケットスイッチ。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、マルチキャスト機能を有し、入力回線を介して入力されたパケットを出力回線に振り分けるパケットスイッチに関する。

【0002】

【従来の技術】近年、インターネットの急激な普及により、回線の通信トラフィック量が急増しており、高速・大容量のパケットスイッチの実現が望まれている。一般に、パケットスイッチを実現するバッファ構成は、出力バッファ型、共通バッファ型、クロスポイントバッファ型、入力バッファ型に大きく分類される。スループットの観点から、従来は出力バッファ型や共通バッファ型のパケットスイッチが汎用的に用いられてきた。しかしながら、近年では回線速度が高速化し、しかも回線数が増加しており、メモリアクセス速度が比較的低速な入力バッファ型のパケットスイッチが見直されている。例えば、出力バッファ型のパケットスイッチのメモリアクセス速度は、回線速度の $N+1$ 倍 (N は回線数) となる。共通バッファ型のパケットスイッチのメモリアクセス速度は、回線速度の $2N$ 倍となる。これに対して、入力バッファ型のメモリアクセス速度は回線速度の 2 倍であって、出力バッファ型や共通バッファ型の各パケットスイッチのメモリアクセス速度に比べて低速である。

【0003】入力バッファ型のパケットスイッチでは、一般に HOL (Head of Line) ブロッキングにより、スループットが 58.6% に低下することが知られているが、入力バッファにおける FIFO を出力バッファ毎に論理的に分離することにより、100% のスループットが得られることが知られている。

【0004】また、クロスポイントバッファ型のパケットスイッチは、メモリアクセス速度やスループットについては入力バッファ型のパケットスイッチと同等の特性を有するが、各クロスポイント毎にバッファが必要になるため、入力回線数と出力回線数をともに N とした場合には、 $N \times N$ 個のバッファが必要になり、ハードウェア規模が大きくなってしまふ。

【0005】図 28 は、従来の入力バッファ型のパケットスイッチの構成を示す図である。入力回線から入力されたパケットを複数の出力回線にコピーして出力するマルチキャスト機能を実現するための構成が示されている。この構成は、「KR. Ahuja, B. Prabhakar and N. McKeown, "Multicast scheduling for input-queued switches", IEEE J. Selected Areas Com., May 1996.」で提案されたものである。

【0006】図 28 に示したパケットスイッチは、ユニキャストキュー (UC queue) とマルチキャストキュー (MC queue) を有する入力バッファを備えている。マ

ルチキャストキューから読み出されたパケットがクロスバースイッチ内でコピーされて、複数の出力回線に送られる。

【0007】また、図29は従来の入力バッファ型のパケットスイッチの他の構成を示す図である。この構成は、「松岡直樹他、“A Study on Multicast Structure for Input Queued Switches”，電子情報通信学会総合大会，B-6-65，1999．」で提案されたものである。

【0008】図29に示したパケットスイッチは、ユニキャストキューとマルチキャストキューを有する入力バッファを備える点は、図28に示した構成と同じであるが、マルチキャストパケットが各入力バッファ内でコピーされて各出力回線に向けて出力される点が異なっている。

【0009】

【発明が解決しようとする課題】ところで、図28に示した従来のパケットスイッチでは、各入力バッファ毎に設けられたスケジューラ、あるいは各入力バッファに共通に設けられたスケジューラは、1単位時間内に全ての入力バッファについてマルチキャストパケットのコピー先となる出力回線について競合制御を行う必要があるため、この競合制御が複雑になり、処理の負担が大きいという問題があった。このため、特に1単位時間が短く、競合数も多くなる高速・大容量のパケットスイッチには向いていない。

【0010】また、図29に示した従来のパケットスイッチでは、各入力バッファ内でマルチキャストパケットがコピーされるため、実際に送受信されるパケットの数が多くなり、マルチキャストパケットに許容される入力レートが低下し、高速化が難しいという問題があった。

【0011】本発明は、このような点に鑑みて創作されたものであり、その目的は、マルチキャストパケットに許容される入力レートを低下させることなく、処理の負担を軽減することができるパケットスイッチを提供することにある。

【0012】

【課題を解決するための手段】上述した課題を解決するために、本発明のパケットスイッチは、N個の入力バッファ部とスイッチ部とスケジューラ部とを備えている。N個の入力バッファ部は、N本の入力回線のそれぞれに対応して設けられ、対応する入力回線を介して入力されるユニキャストパケットおよびマルチキャストパケットを格納する。スイッチ部は、N個の入力バッファ部のそれぞれからユニキャストパケットが入力された場合にはその送出先となるM本の出力回線の中のいずれかにユニキャストパケットを出力し、マルチキャストパケットが入力された場合にはその送出先となるM本の出力回線の中の複数本にマルチキャストパケットを出力する。スケジューラ部は、ユニキャストパケットについては入力回線と出力回線の両方が競合しないように、マルチキャスト

トパケットについては入力回線が競合しないように、N個の入力バッファ部のそれぞれから出力するユニキャストパケットあるいはマルチキャストパケットのいずれかを選択する。ユニキャストパケットとマルチキャストパケットが混在して入力される場合に、スケジューラ部では、ユニキャストパケットについては入力回線と出力回線の両方が競合しないように、マルチキャストパケットについては入力回線が競合しないようにスケジューリング処理を行っており、マルチキャストパケットの送出先となる複数の出力回線を競合制御の対象から除外することにより、スケジューリング処理の負担を大幅に軽減することができる。また、マルチキャストパケットについては、入力バッファ部内でのコピーは行わないため、入力バッファ部とスイッチ部との間のデータ量が増加することがなく、マルチキャストパケットに許容される入力レートが低下することを防止することができる。

【0013】上述したスイッチ部は、M本の出力回線のそれぞれに対応してユニキャストパケットを格納する第1の格納部と、N本の入力回線のそれぞれに対応してマルチキャストパケットを格納する第2の格納部とを備えることが望ましい。ユニキャストパケット同士については出力回線の競合がないため、出力回線毎に格納部を設けることにより、それぞれの容量を低減することができる。同様に、マルチキャストパケット同士については入力回線の競合がないため、入力回線毎に格納部を設けることにより、それぞれの容量を低減することができる。

【0014】また、上述した入力バッファ部とスイッチ部内の第1および第2の格納部の少なくとも一方をサービス品質毎に分割することにより、優先制御を行うことが望ましい。サービス品質毎に優先制御を行うことにより、多様な通信サービスを提供することが可能になる。また、サービス品質毎にあらかじめ格納部が分割されているため、各サービス品質毎に分離した制御やパケットの格納動作が可能であり、それぞれに対して別々にパケットの格納や読み出しを行えばよいから、構造の簡略化が可能になる。

【0015】また、上述した第1の格納部および第2の格納部のいずれかが輻輳したときに、スイッチ部から入力バッファ部およびスケジューラ部の少なくとも一方に輻輳情報を通知することにより、入力バッファ部からスイッチ部に対するユニキャストパケットあるいはマルチキャストパケットの入力を停止することが望ましい。輻輳したときにパケットの入力を停止することにより、スイッチ部内でのパケットの廃棄を防止することができる。

【0016】さらに上述したように、入力バッファ部とスイッチ部内の第1および第2の格納部の少なくとも一方がサービス品質毎に分割されているときは、スイッチ部内の格納部の輻輳の通知および入力バッファ部のパケットの出力の停止をサービス品質毎に行うことが望まし

い。

【0017】また、上述したスケジューラ部は、入力バッファ部からスイッチ部にマルチキャストパケットを入力したときに、マルチキャストパケットの送出先となる複数の出力回線について、このマルチキャストパケット以外のパケットが送出されないタイミングを確保することが望ましい。これにより、マルチキャストパケットとユニキャストパケットとがスイッチ部内で競合して、いずれかの格納部がオーバーフローしてしまう可能性を低減することができる。また、ある出力回線について選択対象から除外する制御を行うだけであるため、複雑な制御が不要であり、処理の高速化が可能になる。

【0018】また、上述したスイッチ部が複数設けられており、一のスイッチ部には、入力回線を介して入力されるユニキャストパケットあるいはマルチキャストパケットが複数に分割されてその一部が入力されており、複数のスイッチ部を用いて、一のパケットに対応する複数の分割データを並行して転送することが望ましい。複数のスイッチ部で並行してパケットの転送を行うことができるため、低速のスイッチ部を用いて高速転送を行うことが可能になる。

【0019】また、上述したスイッチ部が複数設けられており、一のスイッチ部には、入力回線を介して入力される一のユニキャストパケットあるいはマルチキャストパケットが複数単位時間かけて転送されており、複数のスイッチ部を用いて、異なるパケットを並行して転送することが望ましい。一のパケットを一のスイッチ部を用いて転送することにより、いずれかのスイッチ部に障害が発生した場合であっても、それ以外のスイッチ部を用いて正常にパケットを転送することができる。

【0020】また、上述した複数のパケットが集まって一のフレームを構成している場合に、複数のパケットのそれぞれには、このフレームの順番を識別する第1のシーケンス番号と、このフレーム内でのパケットの順番を識別する第2のシーケンス番号とが付されており、出力回線側で、第2のシーケンス番号に基づいてフレーム内でのパケットの並べ替えを行うとともに、第1のシーケンス番号に基づいてフレームの並べ替えを行うフレーム組立部をさらに備えることが望ましい。複数のスイッチ部を用いて複数のパケットを転送する場合であっても、転送順番が逆転してしまうような場合であっても、正しいフレーム順、パケット順となるため、出力回線側において正常なフレームを組み立てることができる。

【0021】また、上述した複数のパケットが集まって一のフレームを構成している場合に、複数のパケットのそれぞれには、このフレームの順番を識別する第1のシーケンス番号と、このフレーム内でのパケットの順番を識別する第2のシーケンス番号とが付されており、出力回線側で、第1および第2のシーケンス番号に基づいてパケットの並べ替えを行う際に、並べ替え中のフレーム

の数が所定値以上になったときに、対応するスイッチ部に対して転送動作の停止を指示することが望ましい。フレームの組み立て（パケットの並べ替え）の対象となるフレーム数を所定数以下に抑えることができるため、フレーム組立を行う際の管理が容易となる。

【0022】また、上述した複数のパケットが集まって可変長の一のIPパケットを構成しており、入力回線側で、IPパケットのフロー識別子を用いて、同一のスイッチ部に同一フローに属するパケットを入力することが望ましい。フローレベルでパケットの順番が逆転することを防止できるため、フレーム組立側において多くの到着パケットを格納する必要がなく、バッファ等の容量を最小限にすることができる。

【0023】

【発明の実施の形態】以下、本発明を適用した一実施形態のパケットスイッチについて詳細に説明する。

〔第1の実施形態〕図1は、本発明を適用した第1の実施形態のパケットスイッチの構成を示す図である。図1に示すように、本実施形態のパケットスイッチは、N個の入力バッファ部100、スケジューラ部200、クロスバースwitch部300、M個のフレーム組立バッファ部400、M個のフレーム化処理部500を含んで構成されている。

【0024】N個の入力バッファ部100は、N本の入力回線#1～#Nのそれぞれに対応して設けられており、対応する入力回線を介して入力される可変長フレームを固定長パケットに分割して格納する。各入力バッファ部100は、パケット分割部110とパケットバッファ120を含んで構成されている。パケット分割部110は、対応する入力回線を介して入力される可変長フレームを、1あるいは複数の固定長パケットに分割する。

【0025】図2は、可変長フレームの一例を示すフォーマット図であり、IPv4フォーマット（Internet Society RFC791）のパケットフォーマットが示されている。図2に示すように、このIPパケットは、バージョン（Vers）、ヘッダ長（IHL）、タイプオブサービス（Type of Service）、ペイロード長（Total Length）、識別子（Identification）、フラグ（Flags）、フラグメントオフセット（Fragment Offset）、生存時間（Time to Live）、プロトコル（Protocol）、ヘッダチェックサム（Header Checksum）、送信元アドレス（Source Address）、宛先アドレス（Destination Address）、IPオプション（IP Option）、ペイロード（Payload）によって構成されている。IPヘッダとペイロードのそれぞれが可変長であるため、パケット（フレーム）全体も可変長となる。

【0026】また、図3はパケット分割部110による分割によって生成される本実施形態の固定長パケットの具体例を示す図である。図3に示すように、本実施形態で用いられる固定長パケットは、空きセル識別子（E

N)、フレームタイプ(FRI)、マルチキャスト識別子(M)、サービス品質(QoS; Quality of Service)、ペイロード長(PKL)、TAG識別子(TAG)、シーケンス番号(SN)、ペイロード(Payload)によって構成されている。空きセル識別子は、各タイムスロットに固定長パケットを対応させた場合に、各固定長パケットが空きセルであるか(ENビットが0)、有効セルであるか(ENビットが1)を識別するために用いられる。フレームタイプは、この固定長パケットが可変長フレームのどの部分に対応しているかを示すものである。中間の場合には“00”が、先頭の場合には“01”が、最終の場合には“10”が、先頭および最終の両方に対応している場合には“11”が格納される。マルチキャスト識別子は、この固定長パケットがマルチキャストパケットであるかユニキャストパケットであるかを識別するために用いられる。マルチキャストパケットの場合には“1”が格納される。サービス品質は、各固定長パケットの優先度に差を設けたい場合に用いられる。例えば、帯域確保が指示された優先度が高い固定長パケットであるか否か等を示す情報が格納される。TAG識別子は、この固定長パケットの送出先となる出力回線を特定する情報を格納する。例えば、ユニキャストパケットについてはいずれかの出力回線が特定され、マルチキャストパケットについては複数の出力回線が特定される。シーケンス番号は、可変長フレームを複数の固定長パケットに分割した場合に、その先頭側から順番に付された通し番号である。

【0027】また、図1に示すパケットバッファ120は、対応する入力回線を介して入力されるユニキャストパケットとマルチキャストパケットを格納するために、(M+1)個のキューを有している。これらのキューの中のM個が、M本の出力回線#1～#Mのそれぞれに対応した論理キューVOQ(Virtual Output Queue)#1～#Mであり、それぞれの出力回線が出力先として指定されたユニキャストパケットが格納される。また、これらのキューの中の残りの1個がマルチキャストパケット用の論理キューVOQであり、対応する入力回線を介して入力されるマルチキャストパケットが入力順に格納される。以後、ユニキャストパケット用の論理キューVOQ#1～#NをユニキャストキューUCQ#1～#Nと称するものとする。また、マルチキャストパケット用の論理キューVOQをマルチキャストキューMCQと称する。

【0028】スケジューラ部200は、各入力バッファ部100から通知されるスケジューリング要求に基づいて、各入力バッファ部100に格納されたユニキャストパケットおよびマルチキャストパケットの競合制御を行う。具体的には、スケジューラ部200は、ユニキャストパケットについては入力回線と出力回線の両方が競合しないように、マルチキャストパケットについては入力

回線が競合しないように、N個の入力バッファ部100のそれぞれについて出力対象となるユニキャストパケットあるいはマルチキャストパケットを決定するスケジューリング処理を行う。

【0029】クロスバースイッチ部300は、スケジューリング処理結果に基づいて各入力バッファ部100から読み出されたユニキャストパケットあるいはマルチキャストパケット(固定長パケット)の出力先情報(図3に示したフォーマット中のTAG識別子)に基づいて、固定長パケット単位で方路の切り替えを行う。また、クロスバースイッチ部300は、マルチキャストパケットがいずれかの入力バッファ部100から入力された場合には、このマルチキャストパケットをその出力先として指定された出力回線の数だけコピーして、それぞれの出力回線に向けて出力する。さらに、クロスバースイッチ部300は、各出力回線毎もしくは各入力回線毎に競合したパケットを格納するキュー(バッファ)を有している。

【0030】M個のフレーム組立バッファ部400は、M本の出力回線#1～#Mのそれぞれに対応して設けられており、N個のユニキャストキューUCQとN個のマルチキャストキューMCQを有している。N個のユニキャストキューUCQは、N本の入力回線#1～#Nのそれぞれに対応しており、対応する出力回線に向けて出力されたユニキャストパケットを入力回線毎に格納する。同様に、N個のマルチキャストキューMCQは、N本の入力回線#1～#Nのそれぞれに対応しており、対応する出力回線に向けて出力されたマルチキャストパケットを入力回線毎に格納する。クロスバースイッチ部300から各出力回線には、各入力回線に対応するユニキャストパケットあるいはマルチキャストパケットがインターリーブされた状態で出力される。フレーム組立バッファ部400では、これらのパケットを入力回線毎、パケット種別(ユニキャスト/マルチキャスト)毎に分類して組み立てる処理を行う。各可変長フレームを構成する複数の固定長パケットが到着したものから順に、1フレーム分まとめて次段のフレーム化処理部500に送られる。フレーム化処理部500は、各固定長パケットのヘッダ部を取り除いて、元の可変長フレームを生成する。

【0031】図4は、スケジューラ部200の詳細な構成図である。図4に示すように、スケジューラ部200は、N本の入力回線#1～#Nのそれぞれに対応したN個のスケジューラ処理部#1～#Nを有している。各スケジューラ処理部は同じ構成を有しており、代表してスケジューラ処理部#1の構成および動作を説明する。

【0032】スケジューラ処理部#1は、対応する入力バッファ部#1(入力回線#1～#Nのそれぞれに対応する入力バッファ部100のそれぞれを入力バッファ部#1～#Nとする)内のパケットバッファ120に含まれるM個のユニキャストキューUCQおよび1個のマル

チキャストキューMCQのそれぞれに対応するスケジューリング要求の個数をカウントする要求数カウンタ210と、複数のスケジューリング要求があったときに所定のスケジューリングアルゴリズムにしたがってその中の一つを選択して次に読み出すパケットを決定するスケジューリング処理部212と、いずれかのユニキャストパケットの送出先として確定していない出力回線を管理する未確定管理部214とを有している。

【0033】入力バッファ部#1のパケットバッファ120内のいずれかのユニキャストキューUCQあるいはマルチキャストキューMCQに固定長パケットが格納されると、それぞれの格納動作に対応したスケジューリング要求がスケジューラ処理部#1に通知される。この通知には、入力回線や出力回線を特定する情報が含まれており、スケジューラ処理部200内の要求数カウンタ210は、ユニキャストパケットについては出力回線毎に、マルチキャストパケットについては全体をまとめて、スケジューリング要求数をカウントする。スケジューリング処理部212は、未確定管理部214によって提供される未確定情報（未確定の出力回線を特定する情報）に基づいて、例えばラウンドロビンポインタを用いたスケジューリング処理を行い、次に読み出すパケットを決定する。決定された内容は、スケジューリング結果通知として入力バッファ部#1に送られる。このスケジューリング結果には、パケット種別を特定するマルチキャスト識別子と、ユニキャストパケットの場合には出力回線番号とが含まれる。また、このスケジューリング結果は、未確定管理部214に送られ、他のスケジューラ処理部#2～#Nにおけるスケジューリング処理に用いられる。

【0034】上述した説明では、スケジューラ処理部#1に着目したが、他のスケジューラ処理部#2～#Nについても同様であり、これらN個のスケジューラ処理部#1～#Nのそれぞれにおけるスケジューリング処理が一巡して、各入力バッファ部100におけるパケットの送出間隔に対応する1パケット時間（1単位時間）毎の読み出しパケットを決定する。

【0035】本実施形態のパケットスイッチはこのような構成を有しており、次にその動作を説明する。図5は、本実施形態のパケットスイッチの概略的な動作を示す説明図である。例えば、3本の入力回線#1～#3と4本の出力回線#1～#4がクロスバースイッチ部300に収容されているものとする。

【0036】入力バッファ部#1は、4本の出力回線#1～#4のそれぞれに対応した4個のユニキャストキューUCQと、マルチキャストパケット用の単一のマルチキャストキューMCQとを有しており、パケット分割部110から出力される固定長パケットをパケット種別、出力回線別に格納する。この格納動作と並行して入力バッファ部#1からスケジューラ処理部#1にスケジュー

リング要求が通知される。スケジューラ処理部#1では、その時点で存在する複数のスケジューリング要求に基づいて次に出力対象となるいずれかのパケットを選択し、この選択内容がスケジューリング結果として入力バッファ部#1に送り返される。入力バッファ部#1は、このようにして送られてくるスケジューリング結果に基づいて、4個のユニキャストキューUCQあるいは1個のマルチキャストキューMCQのいずれか一つからパケットを読み出して、クロスバースイッチ部300に転送する。このような処理が各入力バッファ部および各スケジューラ処理部において行われる。

【0037】一方、クロスバースイッチ部300では、各パケットに付与された宛先情報（TAG識別子）にしたがって、このパケットの出力先を切り替える。マルチキャストパケットについてはその宛先となる出力回線の数だけコピーされる。このとき、同じ出力回線を宛先とする複数のパケットが生成された場合には、いずれかのパケットのみがこの出力回線に送出され、それ以外のパケットは出力回線毎もしくは入力回線毎にクロスバースイッチ部300内に設けられたキューに格納され、送出タイミングが次回以降に変更される。

【0038】図6は、スケジューラ部200におけるスケジューリング処理の具体例を示す流れ図であり、ラウンドロビンポインタを用いた場合の動作手順が示されている。また、図7はラウンドロビンポインタを用いたスケジューリング処理の具体的な様子を示す図である。図7（A）～図7（D）のそれぞれにおいて、大円は、各入力回線に対応するユニキャストキューUCQおよびマルチキャストキューMCQの中でパケットが格納されてスケジューリング要求が通知されていることを示しており、その中で黒く塗りつぶされたものがスケジューリング処理によって選択されていることを表している。また、小円は、ラウンドロビンポインタを示しており、処理対象となる入力回線を選択するために一つ、各入力回線毎にパケットを読み出すキューを選択するために各入力回線毎の一つが含まれている。

【0039】スケジューラ処理部#1～#Nは、全入力回線について読み出し対象となるキューの選択動作を行ったか否かを判定する（ステップS100）。キューの選択動作を行っていない入力回線が存在する場合には否定判断が行われ、この入力回線に対応するスケジューラ処理部による動作が開始される。

【0040】まず、各スケジューラ処理部#1～#Nは、ラウンドロビンポインタに従って、スケジューリング処理の対象となる一の入力回線を選択する（ステップS101）。図7（A）に示した例では、入力回線#1の位置に、入力回線選択用のラウンドロビンポインタがあるため、まず最初に入力回線#1が処理対象として選択される。

【0041】次に、この選択された入力回線#1に対応

するスケジューラ処理部#1は、ラウンドロビンポインタに従って、M個のユニキャストキューUCQあるいはマルチキャストキューMCQの中から読み出し対象となる一のキューを選択する(ステップS102)。図7

(A)に示した例では、M番目のユニキャストキューUCQに対応する位置にラウンドロビンポインタがあるが、このM番目のユニキャストキューUCQに対応するスケジューリング要求が存在しないため、所定の順番で辿っていった最初にスケジューリング要求が存在するキュー(例えばマルチキャストキューMCQ)が選択される。このようにしてマルチキャストキューMCQが選択されると、スケジューラ処理部#1は、図7(B)に示すように、この選択されたマルチキャストキューMCQが最も優先順位が低くなるように、ラウンドロビンポインタを1番目のユニキャストキューUCQの位置に移動する(ステップS103)。ここでユニキャストキューUCQについては、スケジューラ処理部間でやりとりされる未確定情報を参照して、出力回線が確定していないものの中から選択する。

【0042】入力回線#1に対応するスケジューリング処理が終わると、ステップS100に戻って、読み出し対象となるキューが選択されていない他の入力回線についてもスケジューリング処理が行われる。このようにして、N本の入力回線#1～#Nのそれぞれについて、パケットの読み出し対象となるキューが選択される。例えば、図7(C)に示した例では、入力回線#1に対応してマルチキャストキューMCQが、入力回線#2に対応してユニキャストキューUCQ#2が、…、入力回線#Nに対応してマルチキャストキューMCQがそれぞれ選択される。

【0043】全入力回線について選択処理が終了すると、ステップS100の判定において肯定判断が行われ、次に、各スケジューラ処理部#1～#Nは、今回優先順位が最も高かった入力回線の優先度が、次回最も低くなるように、ラウンドロビンポインタの位置を移動する(ステップS104)。図7(A)～図7(C)に示した例では、それまでの優先度は入力回線#1が最も高く設定されているため、図7(D)に示すように、次の入力回線#2の優先度が最も高く、入力回線#1の優先度が最も低くなるようにラウンドロビンポインタの位置が変更される。

【0044】なお、上述したスケジューリング処理の具体例では、ラウンドロビンポインタを用いた場合について説明したが、他のスケジューリングアルゴリズムを用いるようにしてもよい。次に、クロスバースイッチ部300内のバッファ構成について説明する。

【0045】図8は、本実施形態のクロスバースイッチ部300の詳細な構成を示す図である。ユニキャストパケットについては出力回線毎にバッファを設け、マルチキャストパケットについては入力回線毎にバッファを設

けた場合の構成が示されている。

【0046】図8に示すクロスバースイッチ部300は、出力回線#1～#Mのそれぞれに対応して設けられたM個のユニキャストキューUCQ#1～#Mと、入力回線#1～#Nのそれぞれに対応して設けられたN個のマルチキャストキューMCQ#1～#Nと、M個のユニキャストキューUCQ#1～#Nのそれぞれの前段に設けられたM個のセクタ310および後段に設けられたM個のセクタ320と、入力回線#1～#Nのそれぞれから入力されたパケットの種別を識別してユニキャストキューUCQ側あるいはマルチキャストキューMCQ側に振り分けるN個のパケット種別識別部#1～#Nとを有している。

【0047】入力バッファ部#1～#Nのそれぞれからクロスバースイッチ部300に入力されたパケットは、各入力回線毎に設けられたパケット種別識別部#1～#Nにおいて、パケット種別(ユニキャスト/マルチキャストの別)が識別される。この識別の結果、ユニキャストパケットである場合には、セクタ310を介してこのパケットの宛先となる出力回線に対応したユニキャストキューUCQに送られ、入力順に格納される。ユニキャストキューUCQ#1～#Mのそれぞれに格納されたパケットは、先頭から順に読み出され、後段のセクタ320に入力される。また、識別の結果、マルチキャストパケットである場合には、入力回線#1～#Nのそれぞれに1対1に対応するマルチキャストキューMCQに送られて、入力順に格納される。マルチキャストキューMCQ#1～#Nのそれぞれに格納されたパケットは、先頭から順に読み出され、それぞれの宛先分の個数がコピーされて、各宛先に1対1に対応するセクタ320に入力される。

【0048】M個のセクタ320のそれぞれは、1対1に対応するユニキャストキューUCQと、N個のマルチキャストキューMCQ#1～#Nのそれぞれから出力されるパケットが入力されており、いずれかのパケットを選択して、1対1に対応する出力回線に出力する。

【0049】このように、クロスバースイッチ部300は、内部にユニキャストキューUCQおよびマルチキャストキューMCQを備えており、宛先となる出力回線が同じであるパケットが競合した場合に、所定の順番で選択されたパケットが順番に出力される。

【0050】なお、ユニキャストキューUCQやマルチキャストキューMCQのそれぞれにおけるパケットの格納量は、図示しないキュー管理部によって管理されている。キュー管理部は、容量以上のパケットが入力されて輻輳が生じる場合に、パケットの入力元となる入力バッファ部#1～#Nに対して、輻輳情報としてのバックプレッシャ指示BPを送る。この指示を受け取った入力バッファ部#1～#Nでは、この指示の送信元となるユニキャストキューUCQあるいはマルチキャストキューM

CQに対するパケットの送出を停止する。また、このバックプレッシャ指示BPは、入力バッファ部#1～#Nの代わりに、それぞれに対応するスケジューラ処理部#1～#Nに送るようにしてもよい。この指示を受け取ったスケジューラ処理部#1～#Nでは、この指示の送信元となるユニキャストキューUCQあるいはマルチキャストキューMCQに対するパケットの送出を停止するようにスケジューリング処理を行う。

【0051】図9は、クロスバースイッチ部の変形例を示す部分的な構成図である。図9には、図8に示したクロスバースイッチ部300に含まれるN個のマルチキャストキューMCQ#1～#Nに対応する構成が示されている。例えば、図9に示したコピー部#1および2つのマルチキャストキューMCQ#1-1、#1-2が、図8に示したマルチキャストキューMCQ#1に対応している。コピー部#1は、入力バッファ部#1内のマルチキャストキューMCQ#1から読み出されてクロスバースイッチ部300に入力されたマルチキャストパケットを2個にコピーして、2つのマルチキャストキューMCQ#1-1、#1-2に格納する。一方のマルチキャストキューMCQ#1-1は、宛先となる出力回線番号が奇数のマルチキャストパケットを格納する。他方のマルチキャストキューMCQ#1-2は、宛先となる出力回線番号が偶数のマルチキャストパケットを格納する。なお、宛先となる出力回線番号が奇数のみである場合には、奇数用のマルチキャストキューMCQ#1-1のみにコピーされたパケットが格納され、偶数用のマルチキャストパケットMCQ#1-2にはこのコピーされたパケットが格納されない。偶数の場合も同様である。

【0052】このように、入力されたマルチキャストパケットをコピーして複数に分割することにより、HOLブロッキングが発生する割合を低減することができ、スループットの向上を図ることができる。従来から入力回線毎に単一のバッファにパケットを格納すると、先頭のパケットが競合することにより後続のパケットが読み出せないHOLブロッキングにより、最悪の場合にスループットが58.6%まで低下することが知られている。しかしながら、図9に示すように、各入力回線に対応させて複数のマルチキャストキューMCQに分割すると、競合するパケットの割合が減って、スループットが以下に示す式のように改善される。

【0053】スループット(%) = $(1 - (1 - 0.586) / \text{分割数}) \times 100$

例えば、2分割の場合には、スループットを79.3%まで向上させることができる。なお、上述した例では、宛先となる出力回線番号を奇数と偶数に分けてマルチキャストキューMCQを2分割する場合を示したが、異なる分割数、あるいは異なる内容の分割方法を採用するようにしてもよい。例えば、出力回線を回線番号が小さい方から順に使うような場合には、出力回線番号を分割数

のモジュロで割った値により、コピーしたパケットの格納先を振り分けるようにしてもよい。

【0054】ところで、上述した実施形態では、各パケットの優先度に差を設けなかったが、例えばサービス品質QoS毎に優先度に差を設けるようにしてもよい。図10は、パケットの優先度に差を設けるようにしたパケットスイッチの変形例を示す図であり、パケットスイッチに含まれる入力バッファ部とクロスバースイッチ部の構成が示されている。入力バッファ部#1～#Nのそれぞれは、M本の出力回線のそれぞれに対応して設けられたM組のユニキャストキューUCQ#1～#Mと、マルチキャストパケット用に設けられた一組のマルチキャストキューMCQとを有している。一組のユニキャストキューUCQあるいはマルチキャストキューMCQは、優先度の低いサービス品質QoSのパケットを格納する論理キューVOQ#1(図10ではQoS#1)と、優先度の高いサービス品質QoSのパケットを格納する論理キューVOQ#K(QoS#K)を含んでいる。例えば、帯域保証を行う必要があるパケットは、論理キューVOQ#Kに格納される。また、ベストエフォートで通信を行えばよいパケットは、論理キューVOQ#1に格納される。優先度が高いか否かは、図3に示した固定長パケット内のサービス品質QoSに基づいて判断される。

【0055】このように、優先度が異なるパケットを別々に格納することにより、優先度を考慮した動作が可能になる。例えば、スケジューラ部200から各入力バッファ部#1～#Nにスケジューリング結果が通知されて、いずれかのユニキャストキューUCQあるいはマルチキャストキューMCQからのパケットの読み出しが指示された場合に、論理キューVOQ#1と論理キューVOQ#Kの両方にパケットが格納されている場合には、論理キューVOQ#Kに格納されている優先度が高いパケットの読み出しを優先させるようにする。これにより、パケット毎の優先度を考慮したパケットの転送処理が可能となる。

【0056】また、クロスバースイッチ部300内のユニキャストキューUCQやマルチキャストキューMCQに格納されているパケットを読み出す際に、論理キューVOQ#1と論理キューVOQ#Kの両方にパケットが格納されている場合には、論理キューVOQ#Kに格納されている優先度が高いパケットの読み出しを優先させるようにする。これにより、パケット毎の優先度を考慮したパケットの出力動作が可能となる。

【0057】次に、マルチキャストパケットがクロスバースイッチ部300内でコピーされた際に、他のユニキャストパケットとの競合を回避するための手法について説明する。図11は、マルチキャストパケットとユニキャストパケットとの競合を回避するスケジューリング処理の概要を示す図である。

【0058】(1) 入力バッファ部(例えば#1)は、マルチキャストパケットをマルチキャストキューMCQに格納する際に、スケジューラ部200に対してスケジューリング要求を送る。

(2) スケジューラ部200は、送られてくるスケジューリング要求に応じて、マルチキャストパケットについてのスケジューリング処理を行う。

【0059】(3) スケジューラ部200は、スケジューリング処理の結果に基づいて、マルチキャストパケットの読み出し指示を入力バッファ部#1に送る。

(4) 入力バッファ部#1は、スケジューラ部200から送られてくる読み出し指示に応じて、マルチキャストキューMCQの先頭に格納されているマルチキャストパケットを読み出して、クロスバースイッチ部300に転送する。

【0060】(5) 入力バッファ部#1は、読み出したマルチキャストパケットの送出先となる出力回線(例えば出力回線#1、#2、#3)に対応する1タイムスロット分のスケジューリング停止指示をスケジューラ部200に送る。図12は、スケジューリング停止指示に応じたスケジューリング処理を行うスケジューラ処理部の構成を示す図である。図12では、入力バッファ部#1に対応するスケジューラ処理部#1について示したが、スケジューラ部200内の他のスケジューラ処理部#2～#Nについても同様である。

【0061】スケジューラ処理部#1は、要求数カウンタ210、スケジューリング処理部212、未確定管理部214、空き要求数カウンタ216を含んで構成されている。図4に示した構成に対して、空き要求数カウンタ216が追加された点が異なっている。空き要求数カウンタ216は、入力バッファ部#1からスケジューリング停止指示が送られてきたときに、対象となる出力回線毎にこの停止指示の受付回数(以後、この受付回数を「空き要求数」と称する)をカウントする。もしくは、

(5)のスケジューリング停止指示を行う代わりに、スケジューリング処理部212で各マルチキャストパケットに対する出力回線情報を管理して、(3)のマルチキャスト読み出し指示を出力する際にスケジューリング処理部212より空き要求数カウンタにカウントを指示してもよい。スケジューリング処理部212は、出力回線毎の空き要求数が1以上である出力回線をスケジューリング処理の対象から除外して、他の出力回線を対象にしたスケジューリング処理を実施する。なお、1パケット時間内で行われる入力バッファ部#1～#Nのそれぞれのスケジューリング処理において、スケジューリング停止時の対象となる出力回線を処理対象から除外する必要があるため、上述した空き要求数カウンタ216の情報は、入力バッファ部#1から他の入力バッファ部#2～#Nに転送される。この転送は、例えば未確定管理部214によって行われる。

【0062】このように、マルチキャストパケットが入力バッファ部#1から読み出されてクロスバースイッチ部300に入力されたときに、このマルチキャストパケットの送出先となる出力回線が競合するユニキャストパケットの読み出しを一時的に停止することにより、クロスバースイッチ300内での出力回線の競合を低減することができる。これにより、クロスバースイッチ300内に備えるバッファの容量を少なくすることができる。

【0063】図13は、スケジューラ部200における空き要求数を考慮したスケジューリング処理の具体例を示す流れ図であり、ラウンドロビンポインタを用いた場合の動作手順が示されている。また、図14はラウンドロビンポインタを用いたスケジューリング処理の具体的な処理の様子を示す図である。図14(A)～図14(C)のそれぞれにおいて、四角で囲まれた出力回線番号は、この出力回線に対してスケジューリング停止指示が行われていることを示している。

【0064】スケジューラ部200内の各スケジューラ処理部#1～#Nのうちラウンドロビンポインタで最も優先度の高い入力回線に対応したものについては、空き要求数カウンタ216を参照し、空き要求数が1以上であるか否かを判定する(ステップS200)。少なくとも一の出力回線に対応する空き要求数が1以上である場合には肯定判断を行い、次に各スケジューラ処理部#1～#Nは、空き要求数が1以上である出力回線を選択対象外としてマスク設定を行うとともに(ステップS201)、このマスク設定を行った出力回線に対応する空き要求数から1を減じる(ステップS202)。図14(A)に示した例では、出力回線#2と#Mにマスク設定が行われている。

【0065】次に、各スケジューラ処理部#1～#Nは、全入力回線について読み出し対象となるキューの選択動作を行ったか否かを判定する(ステップS203)。キューの選択動作を行っていない入力回線が存在する場合には否定判断が行われ、この入力回線に対応するスケジューラ処理部による動作が開始される。

【0066】まず、各スケジューラ処理部#1～#Nは、ラウンドロビンポインタに従って、スケジューリング処理の対象となる一の入力回線を選択する(ステップS204)。図14(A)に示した例では、入力回線#1の位置に、入力回線選択用のラウンドロビンポインタがあるため、まず最初に入力回線#1が処理対象として選択される。

【0067】次に、この選択された入力回線#1に対応するスケジューラ処理部#1は、ラウンドロビンポインタに従って、マスク設定されていないユニキャストキューUCQあるいはマルチキャストキューMCQの中から読み出し対象となる一のカテゴリを選択する(ステップS205)。図14(A)に示した例では、M番目のユニキャストキューUCQに対応する位置にラウンドロビン

ポイントがあるが、出力回線Mはマスク設定がなされているため、所定の順番で辿っていった最初にスケジューリング要求が存在し、しかもマスク設定がなされていない出力回線に対応するキュー（例えばマルチキャストキューMCQ）が選択される。このようにしてマルチキャストキューMCQが選択されると、スケジューラ処理部#1は、図14（B）に示すように、この選択されたマルチキャストキューMCQが最も優先順位が低くなるように、ラウンドロビンポイントを1番目のユニキャストキューUCQの位置に移動する。もしくは、図のよう

に、パケットがあるにもかかわらずマスクもしくは他の入力回線で出力回線が確定したことにより選択できない場合には、次回に当該パケットの優先度が高くなるようにラウンドロビンポイントを移動しなくてもよい（ステップS206）。

【0068】入力回線#1に対応するスケジューリング処理が終わると、ステップS203に戻って、読み出し対象となるキューが選択されていない他の入力回線についてもスケジューリング処理が行われる。このようにして、N本の入力回線#1～#Nのそれぞれについて、パ

ケットの読み出し対象となるキューが選択される。例えば、図14（C）に示した例では、入力回線#1に対応してマルチキャストキューMCQが、入力回線#2に対応してユニキャストキューUCQ#1が、…、入力回線#Nに対応してマルチキャストキューMCQがそれぞれ選択される。

【0069】全入力回線について選択処理が終了すると、ステップS203の判定において肯定判断が行われ、次に、各スケジューラ処理部#1～#Nは、今回優先順位が最も高かった入力回線の優先度が、次回最も低

くなるように、ラウンドロビンポイントの位置を移動する（ステップS207）。図14（A）～図14（C）に示した例では、それまでの優先度は入力回線#1が最も高く設定されているため、図14（D）に示すように、次の入力回線#2の優先度が最も高く、入力回線#1の優先度が最も低くなるようにラウンドロビンポイントの位置が変更される。その後、各スケジューラ処理部#1～#Nは、いずれかの出力回線に対して行っていたマスク設定を解除する（ステップS208）。

【0070】〔第2の実施形態〕次に、本発明を適用した第2の実施形態のパケットスイッチについて説明する。本実施形態のパケットスイッチは、第1の実施形態のクロスバースイッチ部300を複数個並列に使用することにより、処理の高速化を実現したものである。

【0071】図15は、本実施形態のパケットスイッチの構成を示す図である。また、図16は本実施形態のパケットスイッチの動作原理を示す図である。なお、図15に示す構成は、図1に示したパケットスイッチの一部に対応する構成を示したものであり、パケットスイッチ全体としては、これ以外の入力バッファ部100、スケ

ジューラ部200、フレーム組立バッファ部400、フレーム化処理部500が含まれる。また、図15に示したL個のスイッチ面#1～#Lのそれぞれは、機能的には図1等にしたクロスバースイッチ部300と同じであり、内容の詳細な説明は省略する。

【0072】分離部#1～#Nのそれぞれは、N個の入力バッファ部#1～#Nのそれぞれの後段に設けられており、対応する入力バッファ部#1～#Nから出力される固定長パケットが入力される。分離部#1～#Nは、入力される固定長パケットをその先頭位置からビット単位でL分割し、それぞれの分割データ1～Lに所定のタグ情報（TAG）を付加して出力する。なお、ここで付加するタグ情報は、図3に示した固定長フォーマットに含まれるTAG識別子をそのまま、あるいは同等の内容を有するものが用いられる。すなわち、このタグ情報には、ユニキャストパケットについてはいずれか1の出力回線（出力ポート）を特定する情報が含まれており、マルチキャストパケットについては複数の出力回線（出力ポート）を特定する情報が含まれている。また、各スイッチ面#1～#Lにおいて方路の切り替えが行われた後は、送出先となる出力ポートの情報は不要となるため、代わりに固定長パケットが入力された入力回線（入力ポート）を特定する情報がこのタグ情報に書き込まれる。この書き込まれた情報は、後段のフレーム組立バッファ部400において可変長フレームを再構成する際に参照される。

【0073】このように、L個のスイッチ面#1～#Lを用いて、固定長パケットに対して並行してスイッチング処理を行うことにより、一つ一つのスイッチ面における処理の負担を軽減することができ、転送速度の高速化が可能になる。特に、スイッチ面の個数Lを増減することにより、数々の通信速度に対応することができるため、汎用性の高いパケットスイッチを実現することが可能になる。

【0074】図17は、本実施形態のパケットスイッチの変形例を示す図である。上述したように、入力される固定長パケットの先頭から順にビット単位で分割する、いわゆるビットスライスの手法を用いた場合には、一つの固定長パケットがL分割されてL個のスイッチ面#1～#Lのそれぞれに送られる。この場合に、スイッチ面#1～#Lのいずれかに障害が発生すると、全てのデータが正常に転送されなくなるが、図17に示す構成を用いることにより、このような不都合を回避することができる。

【0075】図17に示すパケットスイッチは、図15に示した構成に対して、分離部#1～#Nの前段にN個の変換部#11～#1Nを設けるとともに、多重部#1～#Mの後段にM個の変換部#21～#2Mを設けた点が異なっている。変換部#11～#1Nのそれぞれは、入力される固定長パケットを、スイッチ面の数Lを単位

として並べ替える処理を行う。例えば、4個のスイッチ面#1～#4が備わっている場合には、4個の固定長パケットが入力される毎に、これら4個の固定長パケットを構成する各ビットデータが並行して出力されるようにビット単位でデータの並べ替えが行われる。なお、複数の固定長パケットが並行して出力されるため、一の固定長パケットは複数のパケット時間かけて出力されることになる。

【0076】また、変換部#21～#2Mのそれぞれは、対応する多重部#1～#Mのそれぞれから出力されるデータを並べ替えて、固定長パケット単位で出力する。分離部#1～#Nのそれぞれにおいて行われたデータの並べ替え処理によって、各スイッチ面#1～#Lのそれぞれからは、異なる固定長パケットの各分割データが並行に出力される。変換部#21～#2Mのそれぞれでは、これらの同時に出力されるデータの再配置を行うことにより、各固定長パケットの出力タイミングを時間的に分離する。

【0077】このように、変換部#11～#1Nのそれぞれにおいて並べ替えられたデータを分離部#1～#Nに入力することにより、各分離部#1～#Nから出力される各固定長パケットが分割されて複数のスイッチ面に分かれて入力されることを回避することができる。したがって、いずれかのスイッチ面に障害が発生した場合であっても、正常なスイッチ面を用いて固定長パケットを転送することができるようになる。

【0078】図18は、図17に示したパケットスイッチの動作を実現する入力バッファ部の構成を示す図である。図17に示した構成では、各入力回線に対応して設けられた入力バッファ部から出力された固定長パケットに対して、変換部#11～#1Nおよび分離部#1～#Nにおける各種の処理を行うようにしたが、図18では、これらの機能を入力バッファ部に持たせている。なお、図18では入力バッファ部#1の構成のみが示されているが、他の入力バッファ部#2～#Nも同じ構成を有している。

【0079】図18に示す入力バッファ部#1は、M本の出力回線のそれぞれに対応するM個のユニキャストキューUCQ#1～#Mと、単一のマルチキャストキューMCQと、これら各種のキューに格納されているパケットを選択的に読み出して出力するセクタ130とを含んで構成されている。

【0080】ユニキャストキューUCQ#1～#Mのそれぞれは、L個のスイッチ面#1～#Lのそれぞれに1対1に対応するL個の格納領域(スライス#1～#L)を有している。例えば、出力回線#1を送出先とする固定長パケットが入力された場合には、最初の1個についてはユニキャストキューUCQ#1のスライス#1で特定される格納領域に格納され、次の1個についてはスライス#2で特定される格納領域に格納される。3個以降

の固定長パケットについても同様であり、順番にスライス#3以降の格納領域に格納される。そして、スライス#Lで特定される格納領域に対する固定長パケットの格納が終了すると、これらL個の固定長パケットに対応するスケジューリング要求がスケジューラ部200に送られる。また、スケジューラ部200から出力回線#1について読み出しを指示するスケジューリング結果が送られてくると、セクタ130は、ユニキャストキューUCQ#1のL個の格納領域に格納されているパケットを同時に読み出して、L個のスイッチ面#1～#Lのそれぞれに送出する。他のユニキャストキューUCQ#2～#MやマルチキャストキューMCQについても同様であり、L個の固定長パケットが格納されたときにこれらのパケットが同時に読み出される。

【0081】なお、図17および図18に示した例では、一の固定長パケットは、複数のスイッチ面に分割されずに一のスイッチ面に向けて送出される。したがって、これらの場合には、図15や図16に示したような新たなタグ情報を付加する必要がないという利点もある。

【0082】ところで、図17に示したパケットスイッチでは、各スイッチ面#1に異なる固定長パケットが送出されるため、同じ出力回線を宛先とした場合であってもパケットの順番が前後する場合があります。このような場合には到着順に並んだパケットの順番を並べ替える必要がある。

【0083】図19は、パケットの順番を考慮してフレームの組み立てを行うパケットスイッチの構成を示す図である。図19に示すパケットスイッチは、図17に示したパケットスイッチに対して、多重部#1～#Mの後段に設けられていた変換部#21～#2Mをフレーム組立部#1～#Mに置き換えた点が異なっている。フレーム組立部#1～#Mのそれぞれは、変換部#21等の機能を有しているとともに、順番が前後して到着する複数の固定長パケットを並べ替えて可変長フレームを組み立てる動作を行う。

【0084】フレーム組立部#1～#Mのそれぞれは、対応する多重部#1～#Mから並列に出力される複数の固定長パケットを時間的に分離した後に、順番に格納するパケットバッファと、このパケットバッファの格納アドレスを管理するアドレス管理テーブルと、パケットバッファに格納されたパケットを所定の順番で読み出す読み出し管理部を有している。

【0085】図20は、図19に示した各フレーム組立部の内部構成を示す図である。図20に示すように、パケットバッファ700は、各種のパケットが到着順(分離順)に入力されたパケットがキー情報(Key)とともに所定のアドレスに格納される。このキー情報は、対応するパケットの見出しとなるものであり、マルチキャスト識別M、入力回線番号、フレーム番号(フレームの

順番を識別するシーケンス番号)が含まれている。マルチキャスト識別Mは、ユニキャストパケットの場合には“1”が、マルチキャストパケットの場合には“0”が格納される。また、パケットバッファ700には、1フレームを構成するパケットのつながりを示すポインタチェーン情報が格納される。このポインタチェーン情報は、一の着目パケットの次のパケットがどのアドレスに格納されているかを示すものであり、これを辿っていくことにより、1フレームを構成する複数のパケットを次々に読み出すことができる。

【0086】また、アドレス管理テーブルは、格納された各パケット毎の詳細情報を格納するものであり、Head(ヘッド)アドレス、Tail(テール)アドレス、フレームポインタ、エンドパケット到着フラグ、エンドパケットSN(シーケンス番号)値、受信パケット数、フレーム内アドレス管理情報が含まれている。Headアドレスは、1フレームを構成する先頭のパケットの格納アドレスを、Tailアドレスは最後尾のパケットの格納アドレスを示している。フレームポインタは、複数の構成パケットが全て到着して読み出し可能な状態になっていることを示す場合に“1”がセットされる。エンドパケット到着フラグは、最後尾のパケットの格納が終了したときにセットされる。エンドパケットSN値は、最後尾のパケットに割り振られたシーケンス番号であり、先頭のパケットから順に0、1、2…となるため、n個のパケットによって1フレームが構成される場合には、この値はn-1となる。受信パケット数は、その時点で格納済みのパケット数であり、この数が、最後尾のパケットが格納された後のエンドパケットSN値に1を加えた数に一致すると、1フレームを構成する全てのパケットが到着したものと判定される。また、アドレス管理テーブル710には、空き管理キューのHeadアドレスとTailアドレスが含まれており、パケットバッファ700のどの領域がパケットの未格納領域であるかがわかるようになっている。

【0087】図21および図22は、図19に具体例を示したフレーム組立部の動作手順を示す流れ図である。フレーム組立部は、到着パケットをパケットバッファ700の空き領域の先頭に格納するとともに、アドレス管理テーブルのキー情報を、この到着パケットのヘッダ情報に基づいて作成する(ステップS300)。また、フレーム組立部は、キー情報に対応するフレーム内アドレス管理情報の到着パケットのSN値に対応するエリアに、パケットバッファ700の書き込みアドレスを登録する(ステップS301)。

【0088】次に、フレーム組立部は、キー情報に対応する受信パケット数を1インクリメントした後(ステップS302)、この到着パケットが最終パケットか否かを判定する(ステップS303)。最終パケットである場合には肯定判断が行われ、フレーム組立部は、キー情

報に対応するエンドパケット到着フラグをセットし、到着パケットのパケット番号を、キー情報に対応するエンドパケットSN値にセットする(ステップS304)。

【0089】次に、フレーム組立部は、エンドパケットSN値に1を加えた値と受信パケット数とが一致するか否かを調べることにより、1フレーム内の全てのパケットが到着したか否かを判定する(ステップS305)。全てのパケットが到着していない場合には否定判断が行われた後、フレーム組立部は待機状態になる。

10 【0090】また、全てのパケットが到着した場合にはステップS305の判定において肯定判断が行われ、次に、フレーム組立部は、キー情報に対応するフレーム内アドレス管理情報の登録アドレスを、SN値を順次インクリメントしながらエンドパケットSN値に達するまで順次読み出し、1フレーム分のポインタチェーンを構築する(ステップS306)。このとき、アドレス管理テーブルのHeadアドレスにSN値が0の登録アドレスが格納され、Tailアドレスに読み出し中の最終アドレスが格納される。

20 【0091】次に、フレーム組立部は、フレームポインタが1になっているか否かを判定する(ステップS307)。1でない場合には否定判断が行われ、フレーム組立部は待機状態になる。また、フレームポインタが1の場合にはステップS307の判定において肯定判断が行われ、次に、フレーム組立部は、キー情報に対応するHeadアドレスを読み出し管理部720に転送する。読み出し管理部720は、Headアドレスから順に辿っていくことにより、受信パケット数をデクリメントしながら、パケットバッファ700からパケットの読み出しを開始する(ステップS308)。このとき、読み出し管理部720は、パケットの読み出しが終了したパケットバッファ700のアドレスを、アドレス管理テーブルに空き管理キューのTailアドレスとして格納する(ステップS309)。また、読み出し管理部720は、1フレーム分のパケットを読み出した後に、アドレス管理テーブルの該当項目(エンドパケット到着フラグ、エンドパケットSN値、フレームポインタ)の内容を全てクリアするとともに、次のフレーム情報を(例えば(キー番号+1)%フレーム番号最大値で求めて)検索し、この検索した

40 キー情報に対応するフレームポインタに“1”をセットする(ステップS310)。
【0092】次に、フレーム組立部は、このキー情報に対応するエンドパケットSN値に1を加えた値と受信パケット数とが一致するか否かを調べることにより、次の1フレーム内の全てのパケットが到着したか否かを判定する(ステップS311)。全てのパケットが到着していない場合には否定判断が行われた後、フレーム組立部は待機状態になる。また、到着している場合には、ステップS308のパケットの読み出し処理以降が繰り返される。

【0093】このように、フレーム組立部において1フレームを構成する各パケットの順番等を管理して順番にパケットの読み出しを行うことにより、パケットの到着順にかかわらず、常に1フレームの先頭から順番にパケットを読み出すことができる。

【0094】なお、上述したキー情報に含まれるフレーム番号の数（最大値）は、サポートする最大サイズのフレームが各スイッチ面に割り振られて転送される際に、あるスイッチ面が輻輳したことによりかかる時間内に、最大で何個の最小サイズのフレームに追い抜かれるかを見積もることによって、以下の式で求めることができる。

【0095】フレーム番号の数＝（最大サイズのフレームのパケット数／スイッチ面数）×出力回線数
また、フレームの組み立てが終了したフレーム番号を、対応する入力回線側に通知するようにしてもよい。入力回線側（例えば入力バッファ部やスケジューラ部）では、このフレーム番号の通知が行われるまで、同じフレーム番号を用いることを禁止することにより、フレーム番号の重複を防止することができる。

【0096】図23は、図19に示したパケットスイッチの変形例を示す図である。図19に示した構成に対して、変換部#11～#1Nにおけるパケットの再配置の方法が異なっている。すなわち、図22に示したパケットスイッチでは、変換部#11～#1Nのそれぞれにおいて、同じフレームに含まれる複数のパケットが同じスイッチ面に送られるようにパケットの再配置が行われる。これにより、L個のスイッチ面#1～#Lを介してパケットが転送された際に、フレーム内でその順番が反対になることを確実に防止することができる。

【0097】図24は、図23に示した各フレーム組立部の内部構成を示す図である。図24に示した内容は、図20に示した内容に対して、アドレス管理テーブルに含まれるフレーム内アドレス管理情報が削除された点と、スイッチ面管理テーブル730が追加された点が異なっている。スイッチ面管理テーブル730は、各入力回線から各スイッチ面を経由してフレーム組立部に入力されるフレーム数を管理するためのものであり、マルチキャスト種別M、入力回線番号、対応するスイッチ面番号、このスイッチ面に入力されているフレーム数が組

なって格納されている。
【0098】図25および図26は、図24に具体例を示したフレーム組立部の動作手順を示す図である。フレーム組立部は、到着パケットをパケットバッファ700の空き領域の先頭に格納するとともに、アドレス管理テーブルのキー情報を、この到着パケットのヘッダ情報に基づいて作成する（ステップS400）。また、フレーム組立部は、キー情報に対応したTailアドレスに、到着パケットの書き込みアドレスを格納する（ステップS401）。なお、到着パケットが先頭パケットの場合に

は、書き込みアドレスをHeadアドレスにも格納する。

【0099】次に、フレーム組立部は、到着パケットが先頭パケットか否かを判定する（ステップS402）。先頭パケットである場合には肯定判断が行われ、フレーム組立部は、アドレス管理テーブルに到着パケットのスイッチ面情報を書き込むとともにスイッチ面管理テーブル730の対応スイッチ面のフレーム数を1インクリメントし、フレーム数が規定値（＝最大フレーム数／スライス数）以上であれば、対応スイッチ面に対してバックプレッシャ要求を送る（ステップS403）。

【0100】次に、あるいは到着パケットが先頭パケットでない場合にはステップS402において否定判断を行った後に、フレーム組立部は、到着パケットが最終パケットか否かを判定する（ステップS404）。最終パケットである場合には肯定判断が行われ、フレーム組立部は、キー情報に対応するエンドパケット到着フラグをセットし、到着パケットのパケット番号を、キー情報に対応するエンドパケットSN値にセットする（ステップS405）。

【0101】次に、フレーム組立部は、エンドパケットSN値に1を加えた値と受信パケット数とが一致するか否かを調べることにより、1フレーム内の全てのパケットが到着したか否かを判定する（ステップS406）。全てのパケットが到着していない場合には否定判断が行われた後、フレーム組立部は待機状態になる。

【0102】また、全てのパケットが到着した場合にはステップS406の判定において肯定判断が行われ、次に、フレーム組立部は、フレームポインタが1になっているか否かを判定する（ステップS407）。1でない場合には否定判断が行われ、フレーム組立部は待機状態になる。

【0103】また、フレームポインタが1の場合にはステップS407の判定において肯定判断が行われ、次に、フレーム組立部は、キー情報に対応するHeadアドレスを読み出し管理部720に転送する。読み出し管理部720は、Headアドレスから順に辿っていくことにより、受信パケット数をデクリメントしながら、パケットバッファ700からパケットの読み出しを開始する（ステップS408）。このとき、読み出し管理部720は、パケットの読み出しが終了したパケットバッファ700のアドレスを、アドレス管理テーブルに空き管理キューのTailアドレスとして格納する（ステップS409）。また、読み出し管理部720は、1フレーム分のパケットを読み出した後に、アドレス管理テーブルの該当項目（エンドパケット到着フラグ、エンドパケットSN値、フレームポインタ、スイッチ面）の内容を全てクリアするとともに、次のフレームのフレーム情報を（例えば（キー番号+1）%フレーム番号最大値で求めて）検索し、この検索したキー情報に対応するフレームポインタに“1”をセットする（ステップS410）。

【0104】次に、フレーム組立部は、一連のパケットの読み出しが終了したフレームについて、スイッチ管理テーブルの対応するフレーム数を1デクリメントし、バックプレッシャ要求が送られている場合にはこれを解除する（ステップS411）。次に、フレーム組立部は、このキー情報に対応するエンドパケットSN値に1を加えた値と受信パケット数とが一致するかどうかを調べることにより、次の1フレーム内の全てのパケットが到着したか否かを判定する（ステップS412）。全てのパケットが到着していない場合には否定判断が行われた後、フレーム組立部は待機状態になる。また、到着している場合には、ステップS408のパケットの読み出し処理以降が繰り返される。

【0105】このように、フレーム組立部において各スイッチ面で取り扱うフレーム数に上限（規定値）を設け、それ以上のフレーム数のパケットが入力される場合にはこのスイッチ面にバックプレッシャ要求を送っている。したがって、フレーム数を管理する手間を低減することができる。また、規定値以内の数のフレームについては継続的にパケットの転送が行われることから、スループットが低下することを防止することができる。

【0106】図27は、パケットスイッチの変形例を示す図である。図27に示すパケットスイッチでは、同一の可変長フレームに関してフロー識別を行うことにより、一の可変長フレームを構成する複数のパケットを同じスイッチ面を用いて転送するようにしたものである。このフロー識別は、交換部#1～#Nのそれぞれにおいて行われる。また、フロー識別は、例えば図2に示したフォーマットに含まれるタイプオブサービスフィールドの値や、プロトコル番号、送信元アドレス、宛先アドレス等をフロー識別子として用いて行うことが考えられる。また、TCP（Transmission Control Protocol）フレームやUDP（User Datagram Protocol）フレームの場合には、送信元ポートアドレスや宛先ポートアドレスを用いてフロー識別を行うようにしてもよい。これらの情報をキーとして、予め固定的に割り当てられたスイッチ面番号を検索するか、このキーをハッシュ関数を用いて演算してスイッチ面番号を取得することにより、フロー毎に同一のスイッチ面にパケットを振り分けることが可能になり、スイッチ面の後段でパケットの到着順番が逆転することを防止することができる。また、フレーム組立部#1～#Mには、フレームの先頭から順番にパケットが到着するため、パケットの並べ替えを行うために必要なバッファが不要になる。

【0107】なお、本発明は上記実施形態に限定されるものではなく、本発明の要旨の範囲内において種々の変形実施が可能である。例えば、上述した各実施形態では、ユニキャストパケットとマルチキャストパケットが混在して入力される場合について考えたが、マルチキャストパケットには全ての出力回線を送出先とするブロー

ドキャストパケットも含まれる。

【0108】（付記1）N本の入力回線のそれぞれに対応して設けられ、対応する前記入力回線を介して入力されるユニキャストパケットおよびマルチキャストパケットを格納するN個の入力バッファ部と、前記N個の入力バッファ部のそれぞれから前記ユニキャストパケットが入力された場合にはその送出先となるM本の出力回線の中のいずれかに前記ユニキャストパケットを出力し、前記マルチキャストパケットが入力された場合にはその送出先となる前記M本の出力回線の中の複数本に前記マルチキャストパケットを出力するスイッチ部と、前記ユニキャストパケットについては前記入力回線と前記出力回線の両方が競合しないように、前記マルチキャストパケットについては前記入力回線が競合しないように、前記N個の入力バッファ部のそれぞれから出力する前記ユニキャストパケットあるいは前記マルチキャストパケットのいずれかを選択するスケジューラ部と、を備えることを特徴とするパケットスイッチ。

【0109】（付記2）付記1において、前記スイッチ部は、前記M本の出力回線のそれぞれに対応して前記ユニキャストパケットを格納する第1の格納部と、前記N本の入力回線のそれぞれに対応して前記マルチキャストパケットを格納する第2の格納部とを備えることを特徴とするパケットスイッチ。

【0110】（付記3）付記2において、前記入力バッファ部と前記スイッチ部内の前記第1および第2の格納部の少なくとも一方をサービス品質毎に分割することにより、優先制御を行うことを特徴とするパケットスイッチ。

【0111】（付記4）付記2において、前記第1の格納部および前記第2の格納部のいずれかが輻輳したときに、前記スイッチ部から前記入力バッファ部および前記スケジューラ部の少なくとも一方に輻輳情報を通知することにより、前記入力バッファ部から前記スイッチ部に対する前記ユニキャストパケットあるいは前記マルチキャストパケットの入力を停止することを特徴とするパケットスイッチ。

【0112】（付記5）付記1において、前記スケジューラ部は、前記入力バッファ部から前記スイッチ部に前記マルチキャストパケットが入力されたときに、前記マルチキャストパケットの送出先となる複数の前記出力回線について、このマルチキャストパケット以外のパケットが送出されないタイミングを確保することを特徴とするパケットスイッチ。

【0113】（付記6）付記1～5のいずれかにおいて、前記スイッチ部が複数設けられており、一の前記スイッチ部には、前記入力回線を介して入力される前記ユニキャストパケットあるいは前記マルチキャストパケットが複数に分割されてその一部が入力されており、複数の前記スイッチ部を用いて、一のパケットに対応する複

数の分割データを並行して転送することを特徴とするパケットスイッチ。

【0114】（付記7）付記1～6のいずれかにおいて、前記スイッチ部が複数設けられており、一の前記スイッチ部には、前記入力回線を介して入力される一の前記ユニキャストパケットあるいは前記マルチキャストパケットが複数単位時間かけて転送されており、複数の前記スイッチ部を用いて、異なるパケットを並行して転送することを特徴とするパケットスイッチ。

【0115】（付記8）付記7において、複数の前記パケットが集まって一のフレームを構成している場合に、複数の前記パケットのそれぞれには、このフレームの順番を識別する第1のシーケンス番号と、このフレーム内での前記パケットの順番を識別する第2のシーケンス番号とが付されており、前記出力回線側で、前記第2のシーケンス番号に基づいて前記フレーム内での前記パケットの並べ替えを行うとともに、前記第1のシーケンス番号に基づいて前記フレームの並べ替えを行うフレーム組立部をさらに備えることを特徴とするパケットスイッチ。

【0116】（付記9）付記7において、複数の前記パケットが集まって一のフレームを構成している場合に、複数の前記パケットのそれぞれには、このフレームの順番を識別する第1のシーケンス番号と、このフレーム内での前記パケットの順番を識別する第2のシーケンス番号とが付されており、前記出力回線側で、前記第1および第2のシーケンス番号に基づいて前記パケットの並べ替えを行う際に、並べ替え中の前記フレームの数が所定値以上になったときに、対応する前記スイッチ部に対して転送動作の停止を指示することを特徴とするパケットスイッチ。

【0117】（付記10）付記7において、複数の前記パケットが集まって可変長の一のIPパケットを構成しており、前記入力回線側で、前記IPパケットのフロー識別子を用いて、同一の前記スイッチ部に同一フローに属する前記パケットを入力することを特徴とするパケットスイッチ。

【0118】

【発明の効果】上述したように、本発明によれば、ユニキャストパケットとマルチキャストパケットが混在して入力される場合に、スケジューラ部では、ユニキャストパケットについては入力回線と出力回線の両方が競合しないように、マルチキャストパケットについては入力回線が競合しないようにスケジューリング処理を行っており、マルチキャストパケットの送出先となる複数の出力回線を競合制御の対象から除外することにより、スケジューリング処理の負担を大幅に軽減することができる。また、マルチキャストパケットについては、入力バッファ部内でのコピーは行わないため、入力バッファ部とスイッチ部との間のデータ量が増加することがなく、マル

チキャストパケットに許容される入力レートが低下することを防止することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】第1の実施形態のパケットスイッチの構成を示す図である。

【図2】可変長フレームの一例を示すフォーマット図である。

【図3】パケット分割部によって生成される固定長パケットの具体例を示す図である。

【図4】スケジューラ部の詳細な構成図である。

【図5】本実施形態のパケットスイッチの概略的な動作を示す説明図である。

【図6】スケジューラ部におけるスケジューリング処理の具体例を示す流れ図である。

【図7】ラウンドロビンポインタを用いたスケジューリング処理の具体的な処理の様子を示す図である。

【図8】本実施形態のクロスバースwitch部の詳細な構成を示す図である。

【図9】クロスバースwitch部の変形例を示す部分的な構成図である。

【図10】パケットの優先度に差を設けるようにしたパケットスイッチの変形例を示す図である。

【図11】マルチキャストパケットとユニキャストパケットとの競合を回避するスケジューリング処理の概要を示す図である。

【図12】スケジューリング停止指示に応じたスケジューリング処理を行うスケジューラ処理部の構成を示す図である。

【図13】スケジューラ部における空き要求数を考慮したスケジューリング処理の具体例を示す流れ図である。

【図14】ラウンドロビンポインタを用いたスケジューリング処理の具体的な処理の様子を示す図である。

【図15】第2の実施形態のパケットスイッチの構成を示す図である。

【図16】本実施形態のパケットスイッチの動作原理を示す図である。

【図17】本実施形態のパケットスイッチの変形例を示す図である。

【図18】図17に示したパケットスイッチの動作を実現する入力バッファ部の構成を示す図である。

【図19】パケットの順番を考慮してフレームの組み立てを行うパケットスイッチの構成を示す図である。

【図20】図19に示した各フレーム組立部の内部構成を示す図である。

【図21】図19に具体例を示したフレーム組立部の動作手順を示す流れ図である。

【図22】図19に具体例を示したフレーム組立部の動作手順を示す流れ図である。

【図23】図19に示したパケットスイッチの変形例を示す図である。

【図 2 4】図 2 3 に示した各フレーム組立部の内部構成を示す図である。

【図 2 5】図 2 4 に具体例を示したフレーム組立部の動作手順を示す図である。

【図 2 6】図 2 4 に具体例を示したフレーム組立部の動作手順を示す図である。

【図 2 7】パケットスイッチの変形例を示す図である。

【図 2 8】従来の入力バッファ型のパケットスイッチの構成を示す図である。

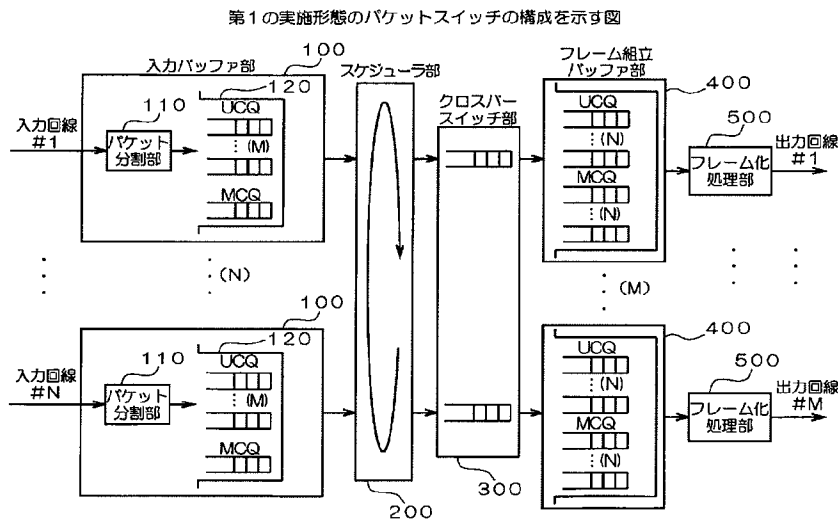
【図 2 9】従来の入力バッファ型のパケットスイッチの 10

構成を示す図である。

【符号の説明】

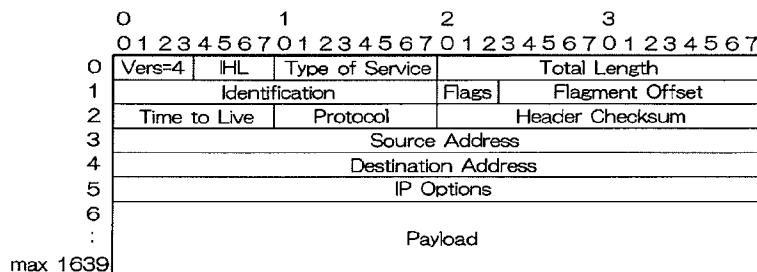
100 入力バッファ部
110 パケット分割部
120 パケットバッファ
200 スケジューラ部
300 クロスバースイッチ部
400 フレーム組立バッファ部
500 フレーム化処理部

【図 1】



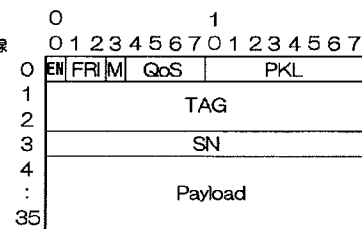
【図 2】

可変長フレームの一例を示すフォーマット図



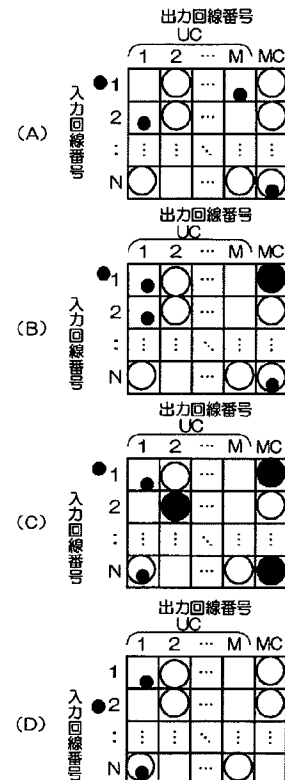
【図 3】

パケット分割部によって生成される固定長パケットの具体例を示す図

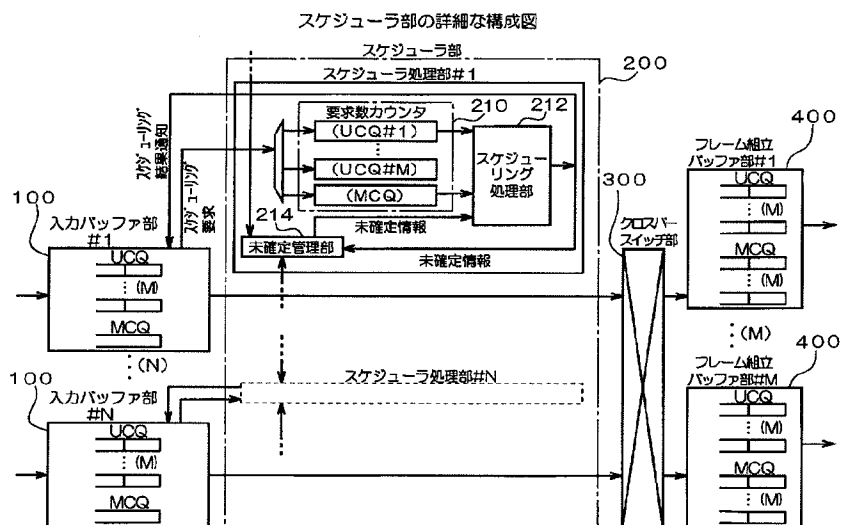


【図 7】

ラウンドロビンポインタを用いたスケジューリング処理の具体的な様子を示す図

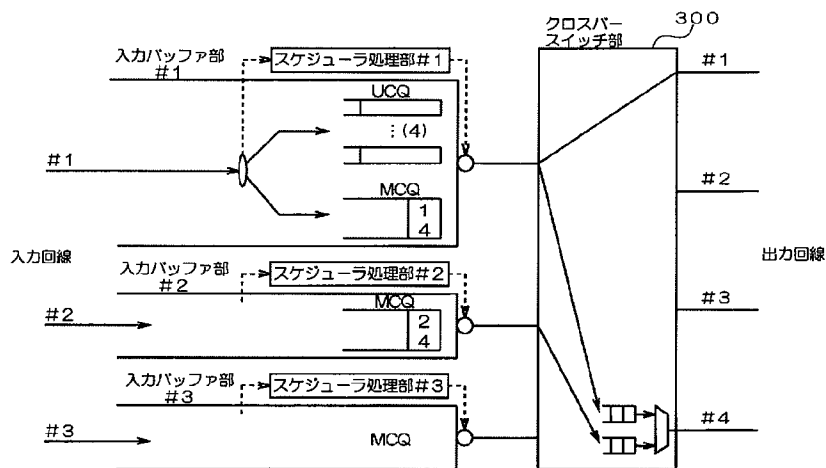


【图 4】



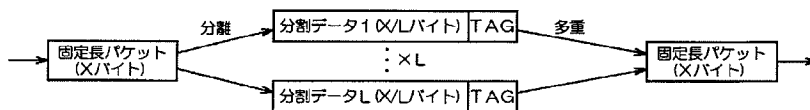
【图 5】

パケットスイッチの概略的な動作を示す説明図



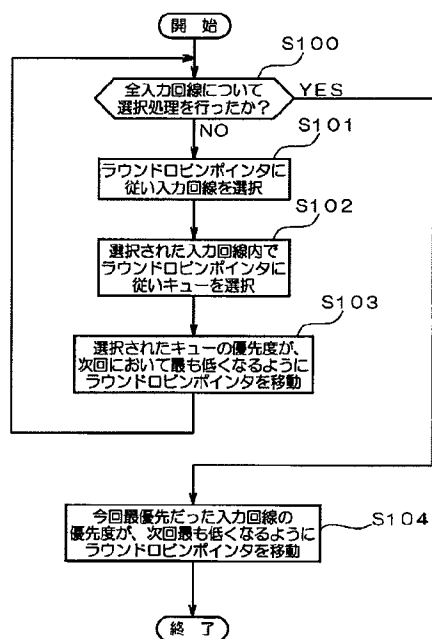
【图 16】

パケットスイッチの動作原理を示す図



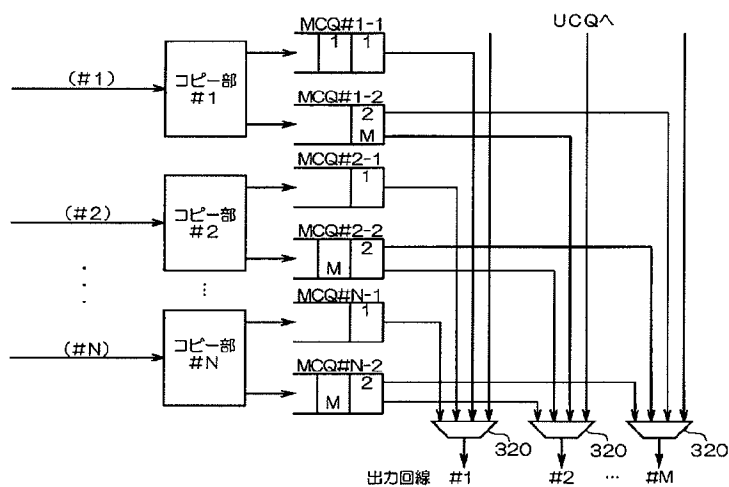
【図6】

スケジューラ部におけるスケジューリング処理の
具体例を示す流れ図



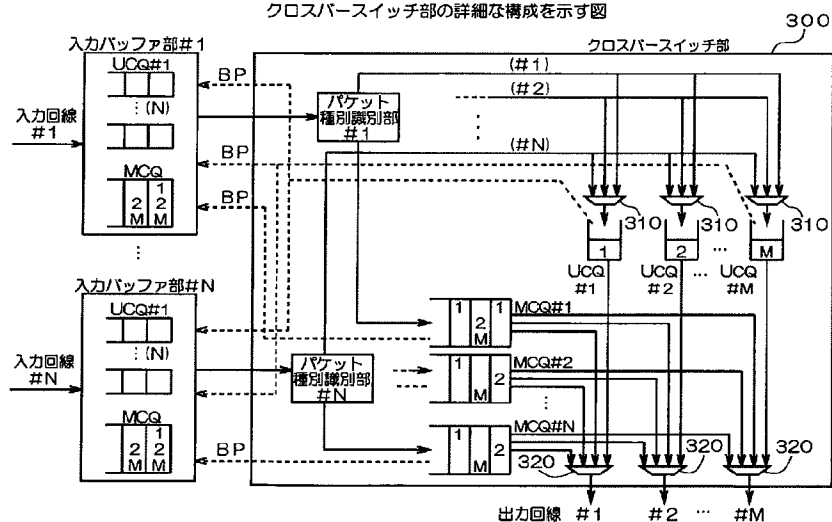
【図9】

クロスバースイッチ部の変形例を示す部分的な構成図

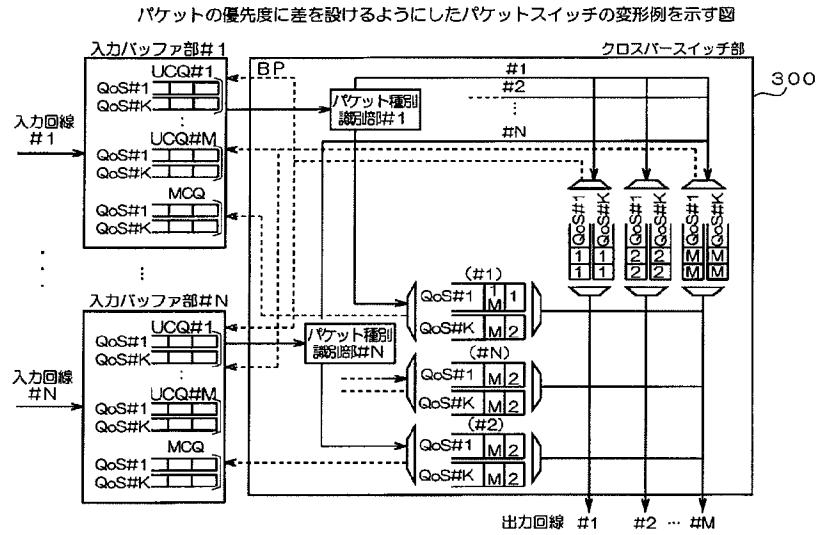


【図8】

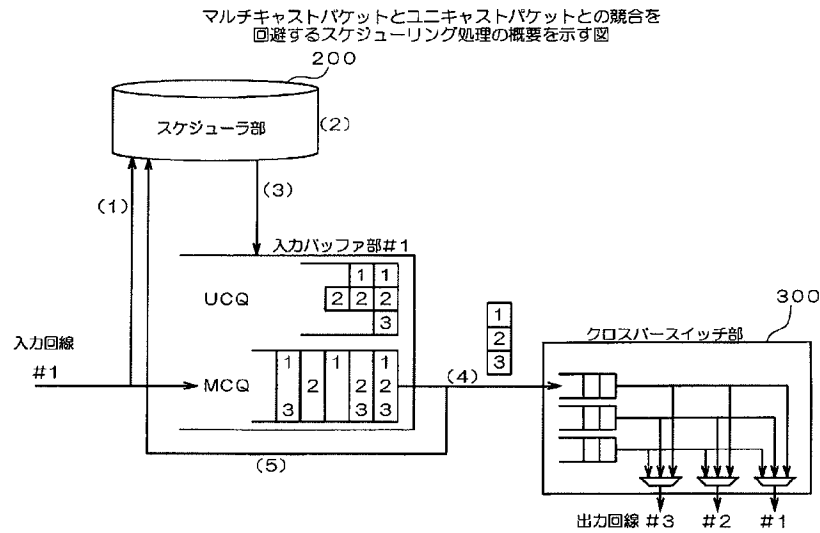
クロスバースイッチ部の詳細な構成を示す図



【図10】

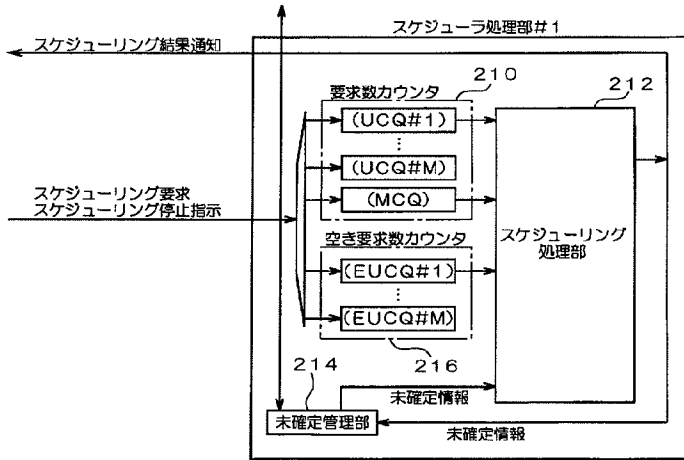


【図11】



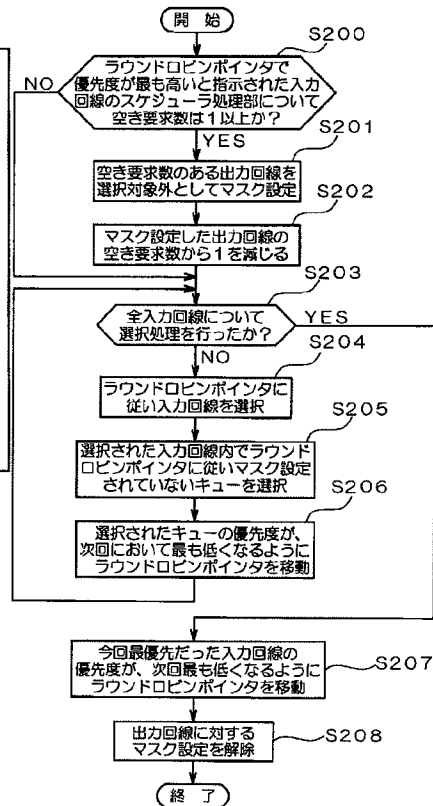
【図12】

スケジューリング停止指示に応じたスケジューリング処理を行うスケジューラ処理部の構成を示す図



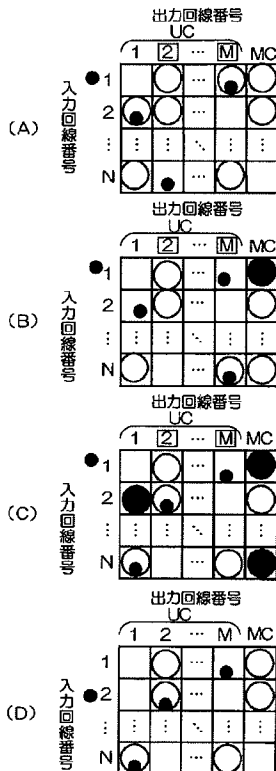
【図13】

スケジューラ部における空き要求数を考慮したスケジューリング処理の具体例を示す流れ図



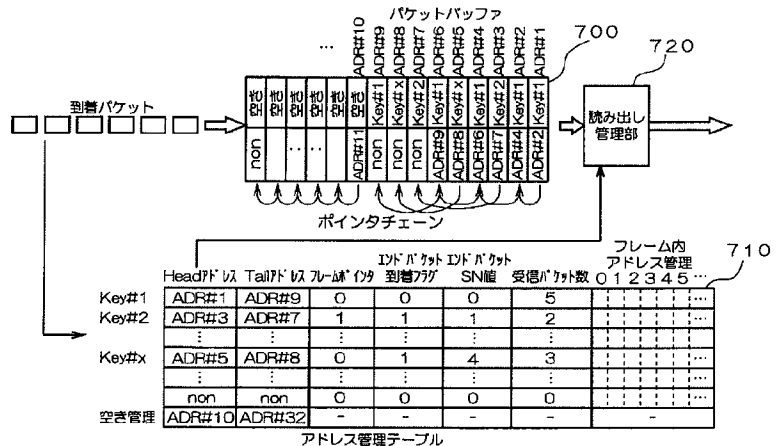
【図14】

ラウンドロビンポインタを用いたスケジューリング処理の具体的な処理の様子を示す図



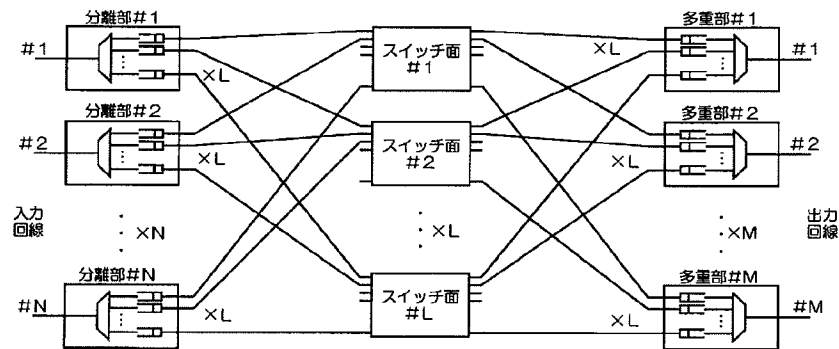
【図20】

フレーム組立部の内部構成を示す図



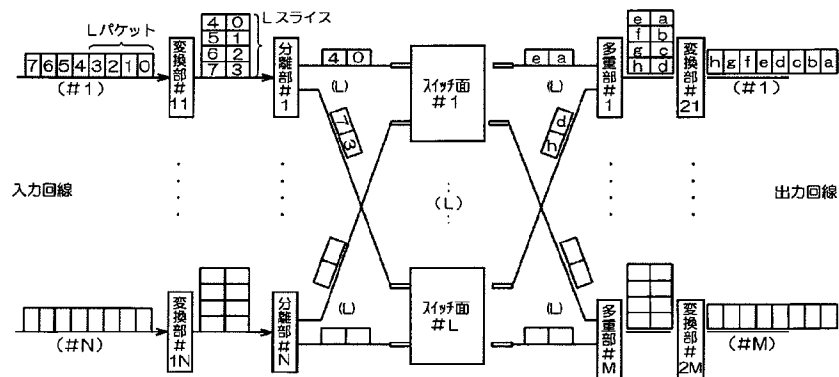
【図15】

第2の実施形態のパケットスイッチの構成を示す図



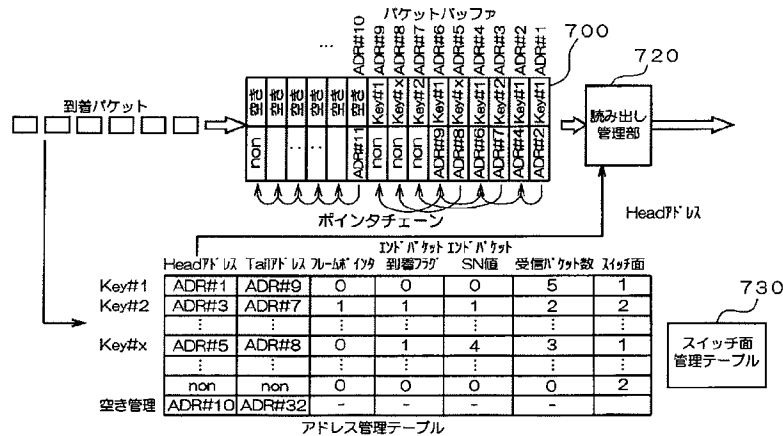
【図17】

パケットスイッチの変形例を示す図



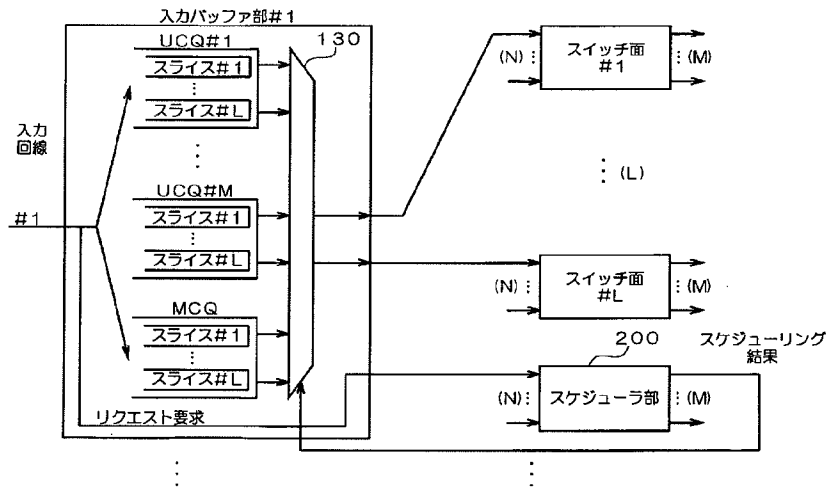
【図24】

フレーム組立部の内部構成を示す図



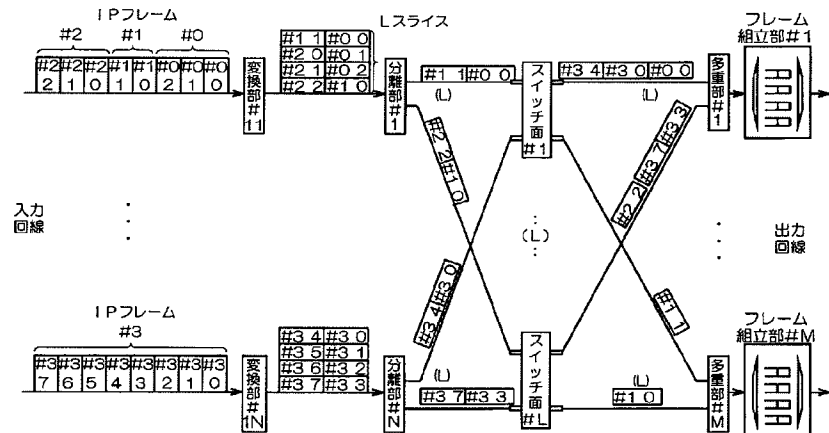
【図18】

入力バッファ部の構成を示す図



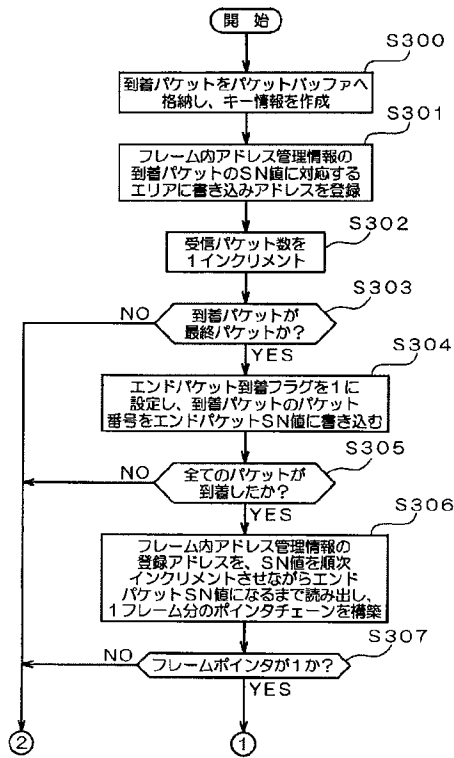
【図19】

パケットの順番を考慮してフレームの組み立てを行うパケットスイッチの構成を示す図



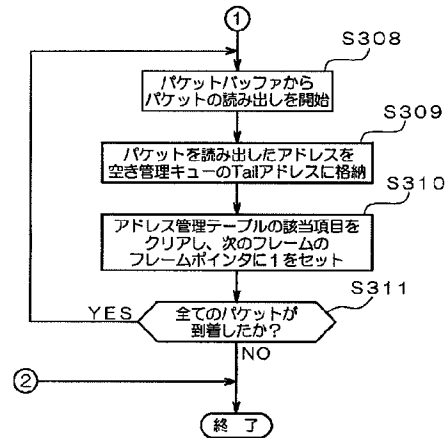
【図21】

フレーム組立部の動作手順を示す流れ図



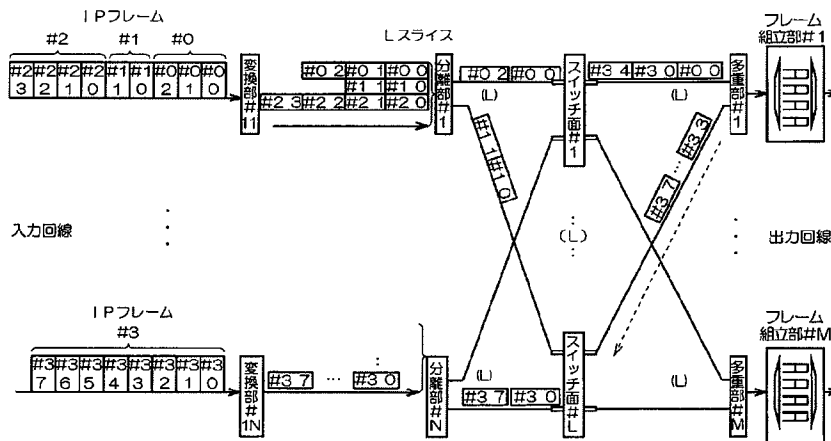
【図22】

フレーム組立部の動作手順を示す流れ図



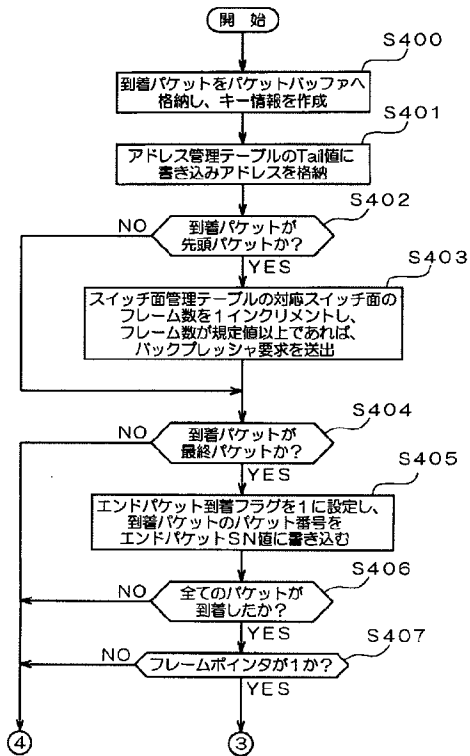
【図23】

パケットスイッチの変形例を示す図



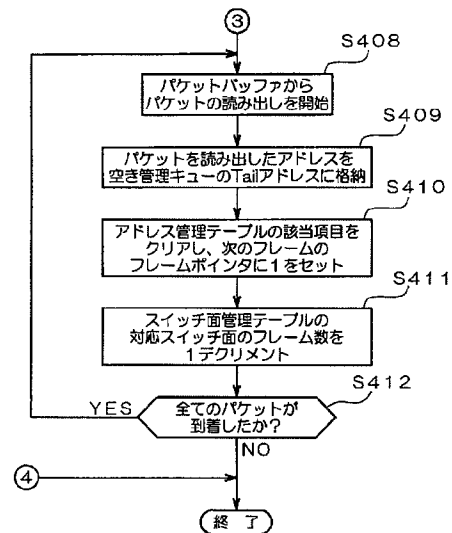
【図25】

フレーム組立部の動作手順を示す流れ図



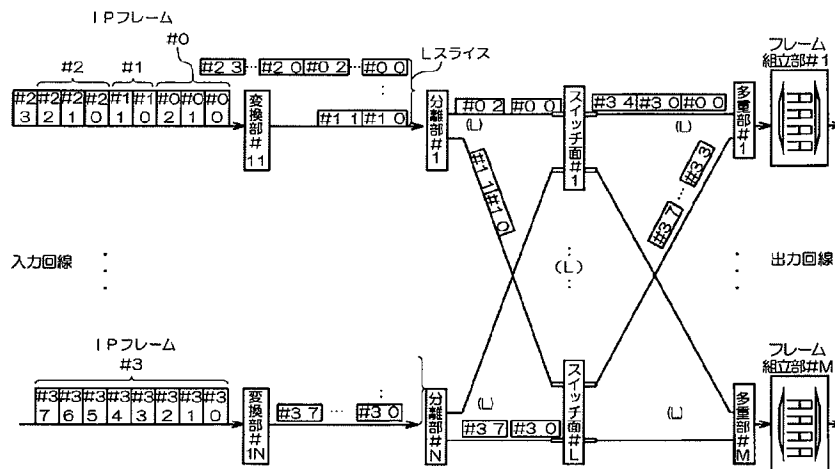
【図26】

フレーム組立部の動作手順を示す流れ図



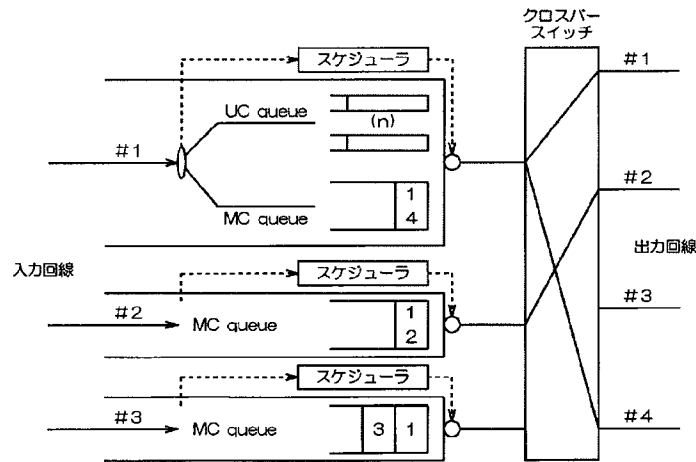
【図27】

パケットスイッチの変形例を示す図



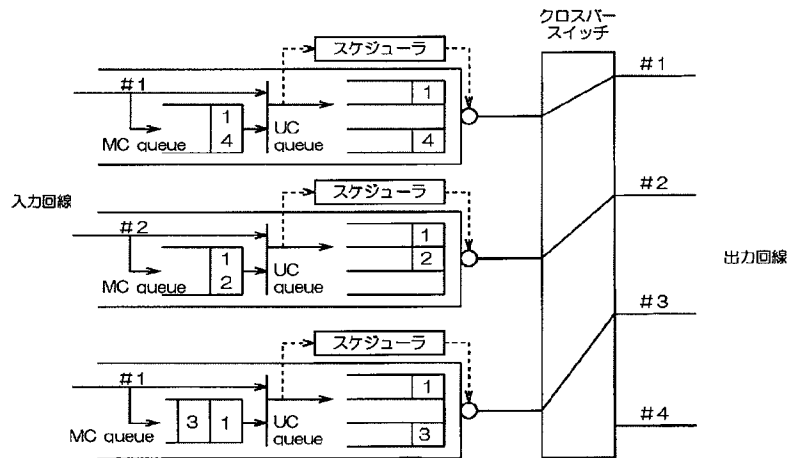
【図28】

従来の入力バッファ型のパケットスイッチの構成を示す図



【図29】

従来の入力バッファ型のパケットスイッチの構成を示す図



フロントページの続き

(72)発明者 松岡 直樹
神奈川県川崎市中原区上小田中4丁目1番
1号 富士通株式会社内

(72)発明者 永田 将克
神奈川県川崎市中原区上小田中4丁目1番
1号 富士通株式会社内

(72)発明者 加藤 次雄
神奈川県川崎市中原区上小田中4丁目1番
1号 富士通株式会社内

(72)発明者 若林 哲明
神奈川県川崎市中原区上小田中4丁目1番
1号 富士通株式会社内

Fターム(参考) 5K030 GA03 HA08 JA05 KA02 KX12
KX18 KX28